

Оригинальная статья

УДК 631.6

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-33-37



АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Бадмаева Софья Эрдыниевна, д-р биолог. наук, профессор

s.bad55@mail.ru

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, пр. Мира, 90, Россия

Аннотация. В прошлом столетии на территории Красноярского края орошаемое земледелие размещалось на площади более 25 тыс. га и располагалось в основном в южных районах края и в пригородной зоне. В этот период работали крупные закрытые и открытые оросительные системы инженерного типа, с применением среднеструйных и дальнеструйных дождевальными машин и агрегатов, типа «Фрегат», «Волжанка», ДДН-70 ДДА – 100 и т.д. На многих оросительных системах поливы производились с нарушением научно-обоснованных режимов орошения, что привело к нарушению экологического равновесия в системе «вода – почва – растение», поднятию уровня грунтовых вод на пониженных элементах рельефа, возникновению вторичного засоления, осолонцевания. В настоящее время орошаемое земледелие носит эпизодический характер, оросительные системы выведены из строя, орошаемые площади переведены в залежь или используются в богарном земледелии. Нами проведены мониторинговые исследования по изучению состояния гумуса и структурно – агрегатного состава постирригационных земель.

Ключевые слова: орошение, пахотные земли, постирригационные земли, мониторинг, гумус, структурно-агрегатный состав, землепользование

Формат цитирования: Бадмаева С.Э. Агроэкологический мониторинг состояния черноземов лесостепной зоны Красноярского края // Природообустройство. 2023. № 1. С. 33-37. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-33-37.

© Бадмаева С.Э., 2023

Original article

AGROECOLOGICAL MONITORING OF THE STATE OF THE CHERNOZEM FOREST-STEPPE ZONE OF THE KRASNOYARSK KRAI

Badmaeva Sofya Erdynievna, doctor of biological sciences, professor

s.bad55@mail.ru

Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Mira Ave., 90, Russia

Annotation. In the last century, irrigated agriculture was used on the territory of the Krasnoyarsk krai on an area of more than 25 thousand hectares and was located mainly in the southern regions of the krai and in the suburban zone. During this period, large closed and open irrigation systems of the engineering type were operating, using medium-jet and long-jet sprinklers and aggregates, such as «Frigate», «Volzhanka», DDN-70 DDA – 100, etc. On many irrigation systems, watering was carried out in violation of scientifically based irrigation regimes, which led to a violation of the ecological balance in the «water – soil – plant» system, an increase in the groundwater level on the lower elements of the relief, the occurrence of the secondary salinization, alkalization. Currently, irrigated agriculture is episodic, irrigation systems are taken out of order, irrigated areas are transferred to a deposit or used in rain-fed agriculture. Monitoring studies were conducted to study the state of humus and the structural and aggregate composition of post-irrigation lands.

Keywords: irrigation, arable lands, irrigation lands, monitoring, humus, structural and aggregate composition, land use

Format of citation: Badmaeva S.E. Agroecological monitoring of the state of the chernozem forest-steppe zone of the Krasnoyarsk krai // Prirodobustrojstvo. 2023. № 1. С. 33-37. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-33-37.

Введение. Орошаемое земледелие в Средней Сибири впервые было введено в практику

на территории Минусинской и Тувинской котловины (V-IX вв. до н.э.) т.е. на современной

территории Российской Федерации эти очаги орошения являются древнейшими. Орошение в регионе прошло через череду количественных и качественных изменений – от примитивных оросительных систем к инженерным, отличающимся высокой производительностью труда, частичной автоматизацией, но высокой энерго-, материалоемкостью и от экстенсивного до интенсивного использования земельных и водных ресурсов.

В период развития мелиоративной науки и практики на территории Красноярского края были запроектированы, построены и введены в эксплуатацию крупные оросительные системы инженерного типа. В пригородных зонах орошались овощные культуры, картофель, в сельскохозяйственных предприятиях основные площади орошения отводились по кормовые культуры, многолетние травы. Почвенный покров орошаемых земель были в основном представлены каштановыми, серыми лесными почвами, черноземами. В первые годы эксплуатации оросительных систем поливы проводились грузными поливными нормами, без научно – обоснованных сроков и норм полива, что привело на пониженных элементах рельефа к поднятию уровня грунтовых вод, вторичному засолению и заболачиванию.

Исследованиями, проведенными, в сухостепной зоне Алтайского края также установлено, что основными причинами ухудшения состояния орошаемых земель являются их переувлажнение, и как следствие – подъем уровня грунтовых вод и вторичное засоление. Вторичное засоление почв проявляется при глубине залегания грунтовых вод выше критического значения, равного 2...2,5 м при минерализации грунтовых вод более 5 г/л [1].

В последние годы большие площади орошаемых земель в России не поливаются, переведены в богарные пахотные угодья или в залежь, в так называемые постирригационные земли [2, 3].

Цель исследований. Проведение исследований по агроэкологическому состоянию черноземов лесостепной зоны Красноярского края.

Материалы и методы исследований. Мониторинговые исследования проводились

на ключевых участках стационара «Новоселово», расположенного в лесостепной зоне в провинции разновидностей черноземов обыкновенных Чулымо-Енисейского южного округа, сформированного на лессовидных суглинках четвертичных отложений. На основе крупномасштабной почвенной съемки были выбраны участки с наиболее типичными разновидностями почв. Изучались агрохимические и водно-физические свойства черноземов обыкновенных разных видов хозяйственного использования (целинные, пахотные и постирригационные) по общепринятым методикам почвенных исследований [4]. Программой исследований было предусмотрено рассмотреть изменение содержания гумуса и структурно- агрегатного состава данных почв за многолетний период. Исходной информацией явились анализ литературных источников и фондовых материалов, результаты полевых исследований и лабораторных анализов.

Статистическая обработка данных по изменению содержания гумуса в почвах разного хозяйственного использования за двадцатилетний период проводилась с использованием программного комплекса SPSS.

Результаты и их обсуждение. При вовлечении черноземов в интенсивное земледелие снижается содержание гумуса, более того, происходит изменение качественного состава гумуса, наблюдается переход гуминовых кислот в «агрессивные» фульвокислоты [5]. При разрушении гумуса почвы ухудшаются агрофизические свойства, биологическая активность, что приводит к снижению урожайности культур и ухудшению качества продукции. Черноземы теряют свою структуру, которая переходит в распыленное состояние [6, 7].

Исходное содержание гумуса на целинных черноземах в слое почвы 0-40 см было повышенным и составило в среднем 7,3% или же 336 т/га. За двадцатилетний период наблюдений на этом же участке содержание гумуса составило в 0-40 см слое почвы в среднем 7,6%, т.е. произошло незначительное увеличение (табл. 1).

В процессе естественного почвообразования накопление гумуса происходит за счет

Таблица. Содержание гумуса чернозема обыкновенного, %

Table. Content of humus of chernozem ordinary, %

Годы исследований Years of research	Слой, см Layer, cm	Целина Virgin land	Пашня Arable land	Постирригационный Post-irrigation
1997	0-10	6,9±0,5	7,8±0,8	3,9±0,6
	10-20	7,5±0,7	8,3±0,8	3,2±0,5
	20-40	7,4±0,6	1,7±0,3	3,2±0,6
2017	0-10	7,2±0,7	7,1±0,7	5,5±0,6
	10-20	8,0±0,8	7,9±0,8	5,3±0,5
	20-40	7,7±0,7	1,3±0,3	4,3±0,7

ежегодного прихода органического вещества в виде опада высших растений, от деятельности почвенной биоты [8].

Многолетнее использование чернозема обыкновенного под пашней в условиях недостатка органических удобрений снизило содержание гумуса. В исследованиях, проведенных в 1997 году, содержание гумуса на пахотных черноземах в верхнем 0-20 см слое почвы характеризовалось как высокое и составило 8,05% или 180 т/га. В течение двадцатилетнего периода произошло снижение содержания гумуса в среднем на 0,55% и запасы составили 160 т/га. Запасы гумуса снизились на 20 т/га. В агроценозах значительная часть органического вещества безвозвратно отчуждается с урожаем сельскохозяйственных культур, что обуславливает отрицательный баланс органического вещества и ведет к снижению потенциального плодородия почвы, если не вносится достаточного количества органических удобрений.

На постирригационных участках исходные запасы гумуса в 0-40 см слое почвы в среднем составили 3,43% и относились к низко гумусным почвам. Содержание гумуса после прекращения орошения на этих почвах повысилось до среднего уровня – 5,03% и запасы составили – 254 т/га. Содержание гумуса в почве при орошении зависит от культуры земледелия, поливной нормы и химического состава оросительной воды. При качественном химическом составе оросительной воды, при наличии в севообороте многолетних трав, особенно бобовых, внесении органических удобрений содержание органического вещества в орошаемых почвах не уменьшается. Мелиоративные действия в состоянии радикально изменить свойства почвы, и в том числе плодородие [9, 10].

Изучив содержание гумуса в черноземных почвах разного хозяйственного использования в системе мониторинга можно предположить следующее: содержание гумуса в целинных почвах особых изменений со временем не претерпевает и наблюдается тенденция к увеличению. Гумус в старопахотных почвах со временем уменьшается. В почвах постирригационных участков происходит увеличение содержания гумуса.

Вариационно-статистический анализ показателей содержания гумуса изучаемых черноземов свидетельствует о том, что достоверно значимые различия между годами наблюдений выявлены и математически доказуемы. Для анализа существенности различий средних применялся однофакторный дисперсионный анализ, который позволил оценить различия между выборочными средними. В качестве норматива, с которым производилось сравнение, использовался математический критерий

Фишера (F-критерий представляет отношение двух дисперсий, межгрупповой и случайной). В нашем случае во всех трех вариантах фактический F-критерий Фишера выше табличного при уровне вероятности 0,05, что позволяет сделать вывод о том, что величина средней разности между годами достоверна. Для целинных черноземов расчетный критерий Фишера составил $F_{\text{расч}} = 5,744$; для пахотных почв: $F_{\text{расч}} = 5,185$; для постирригационных – $F_{\text{расч}} = 93196$. Расчетный критерий Фишера при уровне значимости 0,05 равен $F_{\text{табл}} = 5,12$ и $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$, т.е. по годам исследований есть существенные различия.

Структурно-агрегатное состояние почвы является важным показателем почвенного плодородия почвы. Плодородие почвы и ее экологическая устойчивость, т.е. противостоять негативным природным процессам, как эрозия и дефляция, напрямую зависит от структуры почвы [11].

Исследования, проведенные по изучению структурного состояния обыкновенных черноземов в целинных почвах, не тронутых человеческой деятельностью, с интервалом в 20 лет показало, что структурность почвы не претерпела значительных изменений.

Качественные показатели структурного состояния 20-40 см слоя по содержанию в них агрегатов агрономически ценных фракций размером 10-0,25 мм указывает на отличную и хорошую оструктуренность обыкновенных черноземов, функционирующих под естественной растительностью, которые представлены ковылем перистым (*Stipapennata* L), овсяницей ложноовечьей (*Festucapseudovina* L.), пыреем ползучим (*Elytrigiarrepens* L.). Хорошие показатели структурности почвы обусловлено оструктурирующим действием корневых систем естественно произрастающих многолетних трав. В течение 20 лет произошло улучшение структурного состояния почвы в верхнем слое почвы, что подтверждается статистическими расчетами. Высокие значения коэффициента структурности в подпахотном горизонте по сравнению с верхним горизонтом, выше почти три раза, объясняется тем, что основная корневая система растений сосредоточена в этом слое почвы (рис. 1).

Отличная оструктуренность обыкновенных черноземов сменяется на хорошую и удовлетворительную в пахотных землях. Снижение агрономически ценных фракций до удовлетворительных показателей обнаружено в слое 20-40 см. Мониторинг состояния структурного состава обыкновенных черноземов показывает, что со временем произошло ухудшение структурного состояния почв. Коэффициент структурности в верхнем слое почвы снизился с 1,8 до 1,5, а в подпахотном слое

почвы на 0,9. Сравнение результатов анализов, проведенное в выборках для 0-20 и 20-40 см слоев почв, показывает, что в освоённом черноземе обыкновенном по сравнению с этими почвами в естественном состоянии отмечается уменьшение количества агрономически ценной фракции. В исследованиях, проведенных в условиях 2017 года, коэффициент структурности в слое 0-20 см в целинных почвах выше почти в два раза, по сравнению с пахотными аналогами.

Вовлечение черноземов в интенсивную обработку в течение длительного промежутка времени существенно ухудшило структурный состав этих почв. Однако структура определяется не только генетическими особенностями почвы, но и характером ее хозяйственного использования [12, 13]. В последние годы из-за недостатка финансовых ресурсов внесение минеральных и органических удобрений было ограничено, не всегда соблюдались научно обоснованные системы земледелия.

Существенных изменений в структурно-агрегатном составе черноземов обыкновенных в постирригационных условиях не произошло. [14]. Небольшая разница в показателях коэффициентов структурности в изучаемый период времени находится в пределах статистической погрешности.

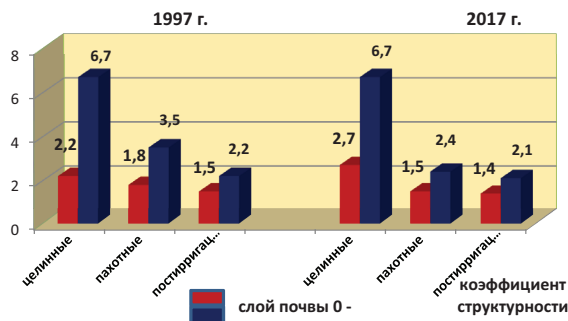


Рис. 1. Коэффициент структурности чернозема обыкновенного

Fig. 1. Structure factor of ordinary chernozem

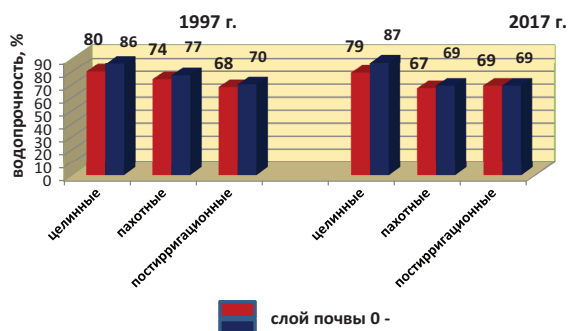


Рис. 2. Критерий водопрочности чернозема обыкновенного

Fig. 2. Criterion of water strength of ordinary chernozem

Наиболее важной и экологически значимой характеристикой почвенных агрегатов является их водопрочность, т.е. способность сопротивляться разрушающему действию воды. В целинных черноземах водопрочность агрегатов с течением времени не претерпела значительных изменений. В верхних слоях почвы этот показатель соответствовал 80-79%, а в нижележащих 86-87% и относится к критерию «отличная».

Совершенно иная ситуация с водопрочностью почвенных агрегатов наблюдается на пахотных почвах. Если исходные показатели водопрочности составляли 74-77% в пахотном и подпахотном горизонте, то в течение длительного периода времени отмечено уменьшение критерия водопрочности до 67-69% соответственно по слоям (рис. 2).

В почвах постирригационного участка исходные значения критерия водопрочности в слое 0-20 см составляли 68%, а в слое 20-40 см – 70%, что ниже по сравнению с целинными и пахотными аналогами. Существенные изменения структурно-агрегатного состава обыкновенных черноземов происходит в условиях орошения в зависимости от норм полива. Орошение данных почв в 80- годах прошлого столетия велось грузными поливными нормами, что привело к ухудшению структурно-агрегатного состава. После прекращения функционирования оросительной системы эти почвы находились в состоянии залежи. Критерии водопрочности после двадцатилетнего периода залежи не изменились и составили соответственно по слоям 66-69%.

Выводы

1. Рассмотрев содержание гумуса в черноземных почвах разного хозяйственного использования в системе мониторинга можно предположить следующее: содержание гумуса в целинных почвах особых изменений со временем не претерпевает и наблюдается тенденция к увеличению. Гумус в старопашотных почвах со временем уменьшается. В почвах постирригационных участков происходит увеличение содержания гумуса.

2. Существенные изменения структурно-агрегатного состава обыкновенных черноземов происходит в условиях орошения в зависимости от норм полива. Орошение данных почв в 80- годах прошлого столетия велось грузными поливными нормами, что привело к ухудшению структурно-агрегатного состава. После прекращения функционирования оросительной системы эти почвы находились в состоянии залежи. Критерии водопрочности после двадцатилетнего периода залежи не изменились и составили соответственно по слоям 66-69%.

3. Для недопущения деградации черноземных почв при вовлечении их в интенсивное земледелие необходимо предусмотреть ряд мероприятий, которые способствовали бы не только сохране-

нию их плодородия, но и повышению. Предлагается почвозащитная система земледелия с включением научно – обоснованных схем севооборотов, внесение органических – минеральных удобрений.

Список использованных источников

1. **Снежко В.Л.** Современные изменения мелиоративного состояния орошаемых земель Алтайского края / Бенин Д.М., Шишкин А.В., Бойко А.В., Скрипкин А.В. // Природообустройство. 2022. № 4. С. 13-21. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21.
2. **Кирейчева Л.В.** Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 11-15.
3. **Хитров Н.Б., Горохова И.Н., Кравченко Е.И.** Солевое состояние земель в постирригационных условиях на Генераловской оросительной системе Волгоградской области // Почвоведение. 2022. № 8. С. 1056-1070.
4. **Агрохимические методы исследования почв.** М.: Наука, 1975. 656 с.
5. **Приходько В.Е.** Изменение форм органического вещества черноземов Каменной степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1494-1504.
6. **Ахтырцев Б.П.** Водно-физические свойства типичных черноземов Среднерусской возвышенности в условиях интенсивного использования // Почвоведение. – 2011. – № 4. – С. 444-454.
7. **Бадмаева С.Э., Меркушева М.Г.** Научные основы рационального использования орошаемых агроландшафтов Восточной Сибири – Красноярск: КрасГАУ, 2014. 412 с.
8. **Даденко Е.В.** Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / Мясникова М.А., Козеев К.Ш. и др. // Почвоведение. 2014. № 6. С. 724-33.
9. **Васильев С.М., Домашенко Ю.Е.** Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 17-24.
10. **Докучаева Л.М., Юркова Р.Е.** Изменение направленности почвенных процессов при снижении водной нагрузки на орошаемые земли. РосНИИПМ. Новочеркасск, 2012. 54 с.
11. **Воеводина Л.А.** Структурное состояние черноземов обыкновенных в орошаемых и неорошаемых условиях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2 (22). С. 41-55.
12. **Евдокимова Т.И.** Изменение свойств чернозема типичного под влиянием сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1999. № 5. С. 652-660.
13. **Коржов С.И., Трофимова Т.А.** Плодородие чернозема обыкновенного при длительном применении обработки почвы // Плодородие. 2009. № 2. С. 44-45.
14. **Семенова В.В.** Агроэкологический мониторинг постирригационных земель лесостепной зоны Красноярского края. // Автореф. канд. дисс. – Барнаул. 2020. 18 с.

Критерии авторства

Бадмаева С.Э. выполнила практические и теоретические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 17.02.2023

Одобрена после рецензирования 03.03.2023

Принята к публикации 05.03.2023

References

1. **Snezhko V.L.** Sovremennye izmeneniya meliorativnogo sostoyaniya oroshaemyh zemel Altajskogo kraja / Benin D.M., Shishkin A.V., Bojko A.V., Skripkin A.V. // Prirodoobustrojstvo. 2022. № 4. S. 13-21. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21.
2. **Kireicheva L.V.** Podhody k obosnovaniyu razmeshcheniya selskohozyajstvennyh melioratsij // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2017. № 4. S. 11-15.
3. **Khitrov N.B., Gorokhova I.N., Kravchenko E.I.** Solevoe sostoyanie zemel v postirrigatsionnyh usloviyah na Generalovskoj orositelnoj sisteme Volgogradskoj oblasti // Pochvovedenie. 2022. № 8. S. 1056-1070.
4. **Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv.** M.: Nauka, 1975. 656 s.
5. **Prihodko V.E.** Izmenenie form organicheskogo veshchestva chernozemov Kamennoj stepi pri raznom ispolzovanii, mestopolozhenii i uvelichenii stepeni gidromorfizma // Pochvovedenie. 2013. № 12. S. 1494-1504.
6. **Ahtyrsev B.P.** Vodno-fizicheskie svojstva tipichnyh chernozemov Srednerusskoj vozvyshehnosti v usloviyah intensivnogo ispolzovaniya // Pochvovedenie. – 2011. – № 4. – S. 444-454.
7. **Badmaeva S.E., Merkusheva M.G.** Nauchnye osnovy ratsionalnogo ispolzovaniya oroshaemyh agrolandshaf-tov Vostochnoj Sibiri – Krasnoyarsk: KrasGAU, 2014. 412 s.
8. **Dadenko E.V.** Biologicheskaya aktivnost chernozema obyknovennogo pri dlitelnom ispolzovanii pod pashnyu / Myasnikova M.A., Kozeev K.Sh. i dr. // Pochvovedenie. 2014. № 6. S. 724-33.
9. **Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E.** Retrospektivnyj analiz izmeneniya pochvenno-meliorativnyh uslovij oroshaemyh pochv yuga Rostovskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshее professionalnoe obrazovanie. 2016. № 3 (43). S. 17-24.
10. **Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E.** Izmenenie napravlenosti pochvennyh protsessov pri snizhenii vodnoj nagruzki na oroshaemye zemli. RosNIIPM. Novo-cherkassk, 2012. 54 s.
11. **Voevodina L.A.** Strukturnoe sostoyanie chernozemov obyknovennyh v oroshaemyh i neoroshaemyh usloviyah // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2016. № 2 (22). S. 41-55.
12. **Evdokimova T.I.** Izmenenie svojstv chernozema tipichnogo pod vliyaniem selskohozyajstvennogo ispolzovaniya // Pochvovedenie. 1999. № 5. S. 652-660.
13. **Korzhev S.I., Trofimova T.A.** Plodorodie chernozema obyknovennogo pri dlitelnom primenenii obrabotki pochvy // Plodorodie. 2009. № 2. S. 44-45.
14. **Semenova V.V.** Agroekologicheskij monitoring postirrigatsionnyh zemel lesostepnoj zony Krasnoyarskogo kraja. // Avtoref. kand. diss. – Barnaul. 2020. 18 s.

Criteria of authorship

Badmaeva S.E. carried out practical and theoretical studies, on the basis of which she generalized and wrote the manuscript. She has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.

The article was submitted to the editorial office 17.02.2023

Approved after reviewing 03.03.2023

Accepted for publication 05.03.2023