

doi:10.18286/1816-4501-2024-4-6-16

УДК 633.11: 574.472

Новационные подходы к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны России

Ю. А. Гулянов[✉], доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела степеведения и природопользования

А. А. Чибилёв, доктор географических наук, академик РАН, главный научный сотрудник

С. В. Левыкин, доктор географических наук, профессор РАН, заведующий отделом степеведения и природопользования

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

460000, г. Оренбург, улица Пионерская, 11; [✉]iury.gulyanov@yandex.ru.

Резюме. В статье представлены результаты исследований по экологическому и технологическому обоснованию новационных технологических решений, ориентированных на снижение природозатратности и более полную реализацию потенциала продуктивности полевых культур. Полевые и экспедиционные исследования проводили в приграничных с Республикой Казахстан муниципальных образованиях Оренбургской, Челябинской, Курганской областей и Алтайского края. Определено весомое участие регионов в формировании общероссийского урожая яровой пшеницы, составившее в среднем за 2000-2023 гг. 29,3 % или 5,8 млн. т. из 19,8 млн. т. Подтверждена высокая вовлечённость земель сельскохозяйственного назначения в земледельческий оборот. Актуализированы риски сохранения экологического баланса в связи с тотальной распаханностью территорий и интенсивным освоением залежных земель, сосредоточением почти трети их общерегиональной площади в приграничной зоне. Установлена низкая эффективность (27,1...32,1 %) реализуемых агротехнологий в использовании биоклиматического потенциала территорий (БКП) и высокие резервы роста урожайности (2,0...2,1 т/га). Выявлены и систематизированы факторы, ограничивающие реализацию БКП и урожайного потенциала возделываемых сортов и иницирующие сохранение в обработке экологически неустойчивых почв. Изучен опыт передовых хозяйств по реализации природоподобных агротехнологий. Подготовлено экологическое и технологическое обоснование систем землепользования, основанных на авторском подходе к использованию современного интеллектуального оборудования и информационных систем.

Ключевые слова: степная зона, приграничные регионы РФ и РК, агротехнологии, природозатратность, новационные технологические решения

Для цитирования: Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А., Левыкин С. В. Новационные подходы к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны России // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 6-16. doi:10.18286/1816-4501-2024-4-6-16

Innovative approaches to reduction of environmental impacts in highly productive agricultural technologies of the steppe zone of Russia

Yu. A. Gulyanov[✉], **A. A. Chibilev**, **S. V. Levykin**

Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

460000, Orenburg, Pionerskaya St, 11

[✉]iury.gulyanov@yandex.ru.

Abstract. The article presents results of the studies on environmental and technological justification of innovative technological solutions aimed at reducing environmental impacts and more fully realizing the productivity potential of field crops. Field and expeditionary studies were carried out in the municipalities of Orenburg, Chelyabinsk, Kurgan regions and the Altai Territory bordering the Republic of Kazakhstan. The significant participation of regions in formation of the all-Russian spring wheat harvest has been determined, amounting to 29.3 % or 5.8 out of 19.8 million tons on average for 2000-2023. The high involvement of agricultural lands in agricultural circulation has been confirmed. The risks of maintaining the ecological balance have been updated due to total plowing of territories and intensive development of

fallow lands, concentration of almost a third of their total regional area in the border zone. Low efficiency (27.1...32.1%) of the implemented agricultural technologies in the use of the bioclimatic potential of territories (BCP) and high reserves for yield growth (2.0...2.1 t/ha) were established. The factors limiting the implementation of the BCP and the yield potential of cultivated varieties and initiating the preservation of ecologically unstable soils in cultivation were identified and systematized. The experience of advanced farms in the implementation of nature-like agricultural technologies was studied. An ecological and technological substantiation of land use systems based on the author's approach to the use of modern intelligent equipment and information systems was prepared.

Keywords: steppe zone, border regions of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan, agricultural technologies, environmental costs, innovative technological solutions.

For citation: Gulyanov Yu. A., Chibilev A. A., Levykin S. V. Innovative approaches to reduction of environmental impacts in highly productive agricultural technologies of the steppe zone of Russia // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;4(68): 6-16 doi:10.18286/1816-4501-2024-4-6-16

Исследования выполнены за счёт гранта Российского научного фонда «Географические основы пространственного развития земледельческих постцелинных регионов Урала и Сибири» № 20-17-00069-П

Введение

Степные постцелинные регионы являются житницей продовольственного зерна России. Здесь с обширных площадей обрабатываемых угодий собирают значительную часть общероссийского урожая пшеницы [1, 2].

В выращивании яровой мягкой пшеницы, наиболее ценной в хлебопекарном отношении, весомое участие принимают регионы Урала и Западной Сибири, расположенные на приграничных с Республикой Казахстан южных рубежах России [3]. Здесь же сосредоточены и основные площади возделывания яровой твёрдой пшеницы, незаменимой в детском питании (манная крупа) и производстве макарон [4, 5].

Наибольшей сельскохозяйственной освоённостью и высоким сбором яровой пшеницы среди обозначенных территорий выделяются Оренбургская, Челябинская, Курганская области и Алтайский край. Их суммарное участие за период с 2000 по 2023 г составило около 29,3 % или 5,8 млн т из 19,8 млн т общего по стране урожая [6].

Высокая вовлечённость земель сельскохозяйственного назначения в земледельческий оборот, инициируемая необходимостью обеспечения продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны, не всегда сопровождается сохранением благоприятной экологической обстановки [7]. Зачастую её последствиями становится активизация деградационных процессов, сопровождающихся значительной потерей плодородия и обострением рисков разрушения естественных ландшафтов, сохранения их устойчивости и биологического разнообразия [8]. Нередко наблюдается ухудшение эколого-гидрологического режима водных объектов, их загрязнение пестицидами и агрохимикатами, связанное с тотальной распаханностью территории и нарушением природоохранных норм [9].

Примечательно, что подобные негативные экологические последствия безмерного вовлечения земель в обработку отмечаются и в сопредельных постцелинных регионах РК [10, 11]. Характерны они

и для всего мирового землепользования в целом [12, 13].

После экономически обусловленного вывода из обработки некоторой части земель в период реформирования экономики России в настоящее время наблюдается их повторное вовлечение в земледельческий оборот, причём в отдельных регионах площадь обрабатываемых угодий уже превышает дореформенные размеры за счёт вовлечения новых земель [14].

Так, только за период с 2006 по 2021 г прирост площади пашни в Алтайском крае и Оренбургской области оказался равен 245,0 и 326,0 тыс. га, что составило 3,7 и 5,5 % от средней площади обрабатываемых угодий за этот период. Примечательно, что треть вновь освоенной пашни (72,0 и 112,3 тыс. га), находится в приграничных с РК муниципальных образованиях и является существенным фактором усиления экологической напряжённости [15].

В дополнение к этому практиковавшиеся долгое время и нередко применяющиеся сейчас экстенсивные методы хозяйствования, ориентированные преимущественно на безвозмездную эксплуатацию почвы, сопровождаются высокой затратностью природных ресурсов [16, 17].

При несомненной приоритетности продовольственной безопасности, снижение природозатратности земледелия в соответствии с развиваемой институтом степи УрО РАН природоохранной стратегией наиболее целесообразно по пути сосредоточения технологических усилий на лучших землях и перевода непригодных земель в другие виды пользования [15].

Исходя из этого, разработка экологических и технологических основ оптимизации структуры степного землепользования и новационных подходов к снижению природозатратности в высокопродуктивных агротехнологиях степной зоны имеет чрезвычайную актуальность.

Цель исследования – научное обоснование новационных технологических решений, разработка экологических и технологических основ систем землепользования, направленных на снижение

природозатратности и повышение продуктивности полевых агроценозов в степных регионах России.

Для выполнения намеченной цели были сформулированы следующие задачи:

- оценить полноту реализации биоклиматического потенциала приграничных с РК постцелинных степных регионов РФ в урожаях полевых культур (на примере яровой пшеницы) и актуализировать факторы, её ограничивающие;
- выявить, проанализировать и систематизировать новационные технологические решения на базе передовых хозяйств модельных приграничных регионов РФ с РК, изучить роль природоподобных агротехнологий в стабилизации растениеводства;
- подготовить экологическое и технологическое обоснование систем землепользования, основанных на авторском подходе к использованию современного интеллектуального оборудования и информационных систем и ориентированных на снижение природозатратности и более полную реализацию потенциала продуктивности полевых культур.

Материалы и методы

Объектом полевых и экспедиционных исследований 2019-2024 гг. выступали полевые агроценозы в приграничных с Республикой Казахстан муниципальных образованиях Оренбургской, Челябинской, Курганской областях и Алтайского края, рассматриваемые в качестве модельных постцелинных степных регионов Урала и Сибири.

Источником метеорологической информации служили данные метеорологической станции Домбаровская (синоптический индекс 35233), представленные в виде временных рядов среднесуточных и среднемесячных значений осадков за анализируемый период [18].

В качестве информационного показателя посевов по степени развития, состоянию и продуктивности, использовали нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), представляющий собой количественную характеристику фотосинтетически активной растительной биомассы на отдельных участках поля.

NDVI определяли на базе размещённых на online ресурсах OneSoil.ai и Sentinel-hub.com общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel-2 с пространственным разрешением 15...30 м/пиксел, имеющих каналы в красном (0,55...0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75...1,00 мкм). Для его расчёта использовали алгоритмы, встроенные в пространственные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (Ars View Image Analysis). Полученные данные наносили на картографическую основу в программном комплексе NextGIS с последующей обработкой в ArcMap.

Для оперативного мониторинга и установления объективных связей между характеристиками

космических снимков и фактическим состоянием растительности проводили дополнительное наземное сканирование биомассы по закреплённому точками фиксированному маршруту портативным ручным сенсором Green Seeker, Model HCS-100 (Trimble) с активным источником излучения, выводящем абсолютные величины NDVI на дисплей прибора.

При обработке цифрового материала использовали стандартные методы статистического анализа (Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.)

Результаты

В результате анализа временных рядов производственных урожаев полевых культур в приграничных с РК постцелинных степных регионах России установлена низкая полнота использования биоклиматических ресурсов территории (БКП) (рис. 1).

Так, в Беляевском районе Оренбургской области при средней за пятнадцатилетний период (2008-2022 гг.) урожайности яровой пшеницы 0,80 т/га, с изменчивостью по годам от 0,13 (2010) до 1,63 (2022) т/га и коэффициентом вариации 52,3 %, эффективность использования БКП составила 27,1 % с размахом колебаний от 4,4 до 55,4 %. Аналогичная ситуация сложилась и в других приграничных муниципальных образованиях. В частности, в Адамовском районе средняя урожайность с изменчивостью по годам от 0,29 (2021) до 1,39 (2008) т/га и коэффициентом вариации 36,8 %, составила 0,94 т/га. Эффективность использования БКП оказалась равной 32,1 %.

В процессе экспедиционных исследований выявлены действующие в большинстве случаев комплексно природные и антропогенные (связанные с сельскохозяйственной практикой) факторы, в наибольшей степени ограничивающие реализацию урожайного потенциала.

В качестве яркого примера негативного проявления природных факторов отмечены метеорологические условия, сложившиеся в два последних года в Оренбургском Зауралье, когда на фоне многолетней засушливости климата выпавшие с середины августа до конца октября 2023 г атмосферные осадки (168 мм), в 2,3 раза превысившие среднемноголетний уровень (90 мм), не позволили завершить уборку достаточно неплохого для этих мест урожая (1,2...1,8 т/га). Чрезмерное атмосферное увлажнение лета 2024 г, охарактеризовавшееся 2,5-кратным превышением среднемноголетнего уровня (224 мм), значительно снизило эффективность химической защиты посевов и привело к активному развитию сорной растительности. Это отрицательно сказалось на формировании урожая и создало трудности с его уборкой. Дополнительный урон урожаю нанесли ещё и ураганные ветры, и град, наблюдавшиеся уже в период уборки (рис.2).

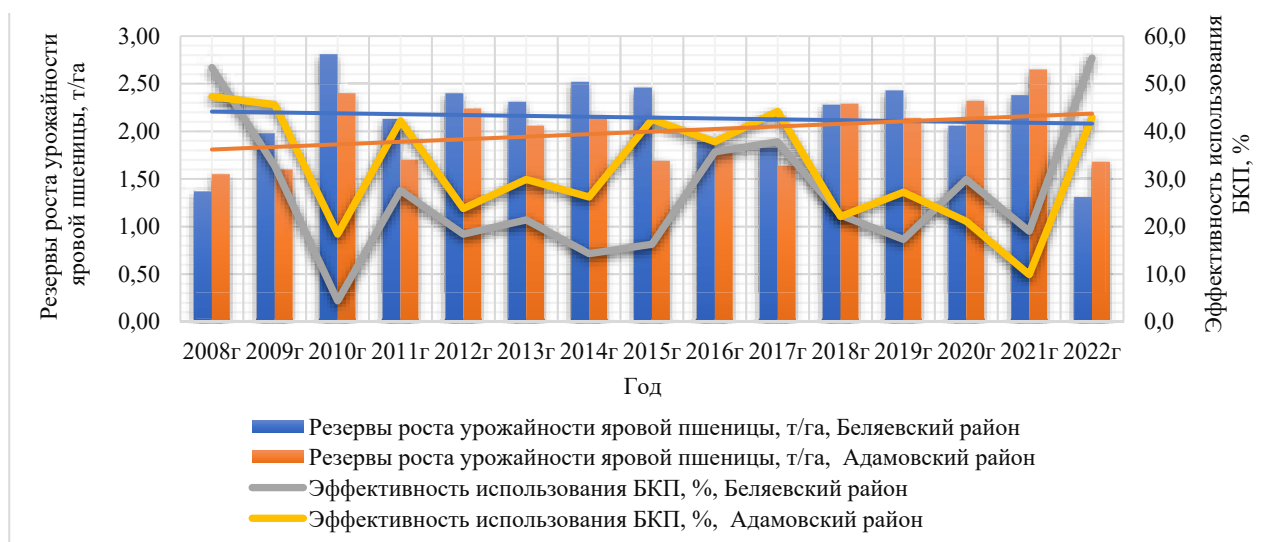


Рис. 1. Эффективность использования БКП и резервы роста урожайности яровой пшеницы в приграничных с РК административных районах Оренбургской области, 2008-2022 гг.



а



в

Рис. 2. Изреженный, засоренный (а) и пострадавший от града (в) посев яровой мягкой пшеницы в условиях аномального атмосферного увлажнения в Домбаровском районе Оренбургской области, 2024 г

Из группы негативных факторов сельскохозяйственной практики выделены часто наблюдаемое отступление от севооборотов, применение влаго-расточительных приёмов обработки почвы, использование семян с низкими посевными кондициями, недостаточно эффективная защита от сорной растительности, исключительно растениеводческая специализация хозяйств и пренебрежение удобрением полей, низкая техническая оснащённость, игнорирование новаций и засилье маргинальных почвоутомительных культур (рис.3).

В результате анализа последствий, лимитирующего урожайность действия факторов природного и антропогенного характера, установлено их преимущественное проявление на вовлечённых в обработку низкоплодородных землях. Оно отмечалось

на неустойчивых, неполнопрофильных почвах лёгкого механического состава, эрозивно разрушенных участках на склонах и в прибрежной зоне, солонцовых пятнах, местах с невысоким содержанием органики, отличающихся низкой водопоглощающей и водоудерживающей способностью. Визуально это выражалось в виде низкой полноты всходов, высокой засорённости, слабой сохранности растений и недостаточных для высокой реализации БКП плотности продуктивного стеблестоя и массы зерна с колоса. Наряду с этим на низкоплодородных землях наблюдалась высокая пространственная пестрота указанных структурных элементов урожая, дополнительно снижающая усреднённую по полю урожайность (рис. 4).

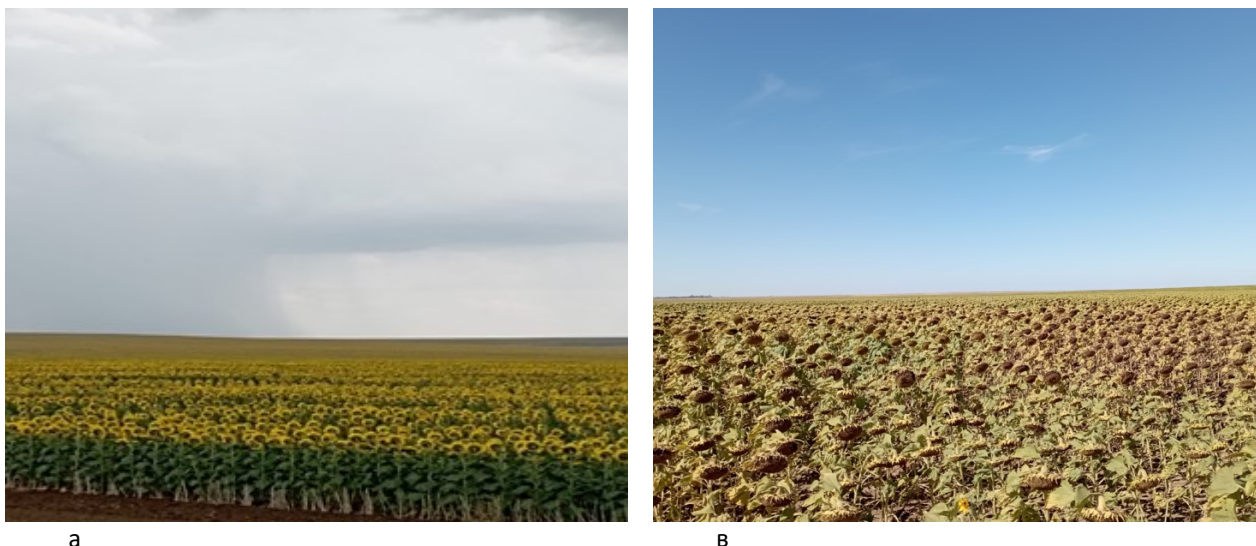


Рис. 3. Обширные поля подсолнечника в Кваркенском (а, 2023 г) и Домбаровском (в, 2024 г) районах Оренбургской области



Рис. 4. Солонцовые «пустоши» на поле яровой пшеницы в Домбаровском районе Оренбургская области, 2023 г

В то же время на базе передовых хозяйств модельных приграничных регионов РФ и РК выявлены, проанализированы и систематизированы новационные технологические решения, позволяющие при их качественном исполнении на пахотнопригодных почвах добиваться высокой реализации биоклиматических ресурсов территории и потенциала продуктивности выращиваемых культур даже в условиях современной метеорологической нестабильности.

Среди них выделены технологические приёмы, направленные на рациональное расходование ресурсов влаги и почвенного плодородия, включающие минимизацию обработки почвы или её полное исключение с мульчированием поверхности незерновой частью урожая (рис. 5).

Высокая целесообразность отмечена и в отношении экологического сортоиспытания и семеноводства яровых зерновых культур с окрашенным зерном, отличающимся повышенным содержанием антоцианов с высокой антиоксидантной активностью и других биологически активных компонентов; интродукции нетрадиционных продовольственных и технических культур с высокими адаптационными и хозяйственными признаками; оснащения технологического процесса современной компьютеризированной техникой; интеграции в производственный процесс геоинформационных систем и интеллектуального оборудования (рис. 6).



а



б

Рис. 5. Уборка урожая яровой твёрдой пшеницы с мульчированием незерновой частью урожая (а) и состояние поверхности поля (б) в КФХ «В.Ф.Низовитин» Целинного района Курганской области, 2024 г



а



б

Рис. 6. Полигон экологического сортоиспытания яровой мягкой пшеницы (а, фиолетовозёрная пшеница) и нетрадиционных масличных культур (б, гвизоция абиссинская) в КФХ «В.А. Волков» Целинного района Курганской области, 2024 г

Проведёнными нами исследованиями подтверждена высокая эффективность использования современных геоинформационных систем в полеводстве исследуемых территорий. Установлено, что они позволяют достаточно оперативно отслеживать состояние фитомассы полевых агроценозов и её пространственную однородность с помощью вегетационных индексов (NDVI) на основе данных ДЗЗ или наземного сканирования и использовать полученные данные для экологического и технологического обоснования систем землепользования, ориентированных на снижение природозатратности и более полную реализацию потенциала продуктивности полевых культур.

Так, при выращивании яровой пшеницы по традиционной технологии, особенно на староосвоенных территориях с длительной экстенсивной историей, когда поле рассматривается как единый

массив и к нему применяется одна норма технологического воздействия на всей площади, отмечена отчётливо проявляющаяся неоднородность развития фитомассы (рис. 7).

Вариабельность NDVI по элементарным участкам поля оказалась достаточно высокой, что в последующем отразилось и на пространственной вариабельности урожайности и заметном снижении валового сбора.

При реализации ресурсо- и влагосберегающей технологии минимальной обработки почвы с мульчированием поверхности и дискретным предпосевным внесением азотно-фосфорных удобрений на участках с разным уровнем обеспеченности, отмечено снижение изменчивости в развитии фитомассы яровой пшеницы в фазу колошения до 0,08 единиц NDVI (рис. 8), против 0,25...0,30 единиц в традиционных технологиях.

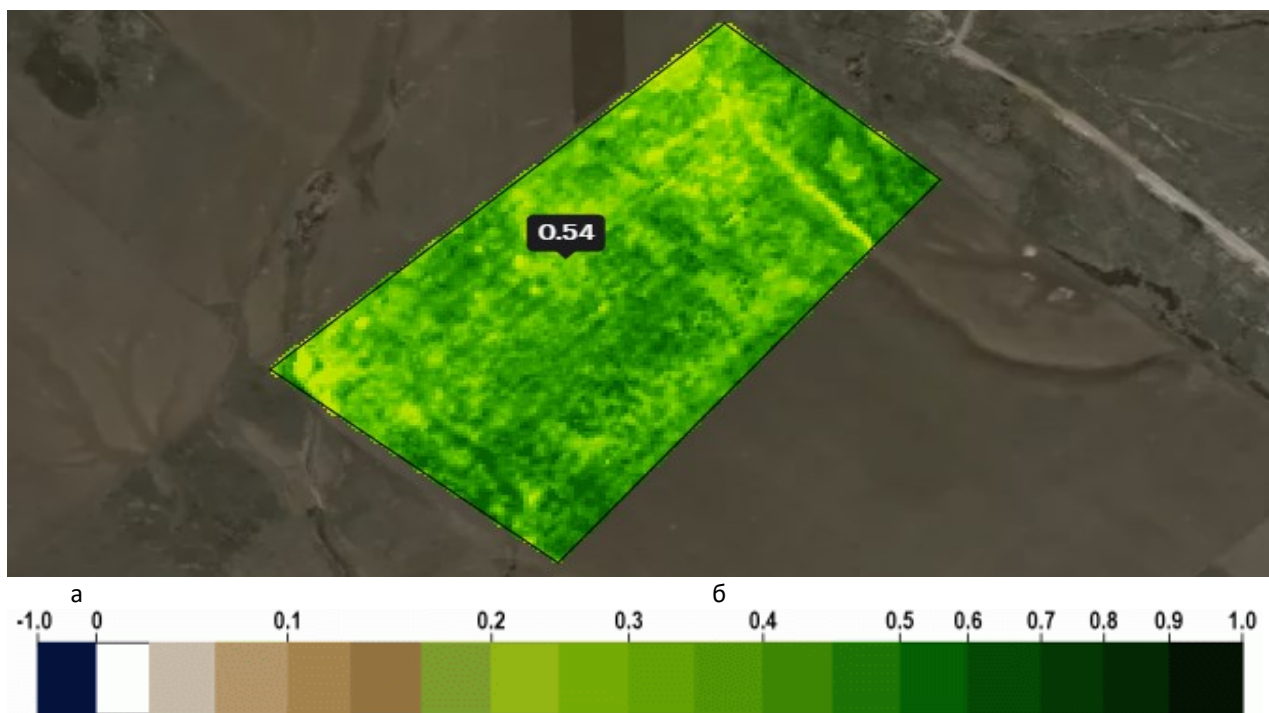


Рис. 7. Визуализация высокой неоднородности (гетерогенности) растительной массы яровой пшеницы по вегетационному индексу (NDVI) в фазу выхода в трубку, Домбаровский район, Оренбургская область, 2024 г

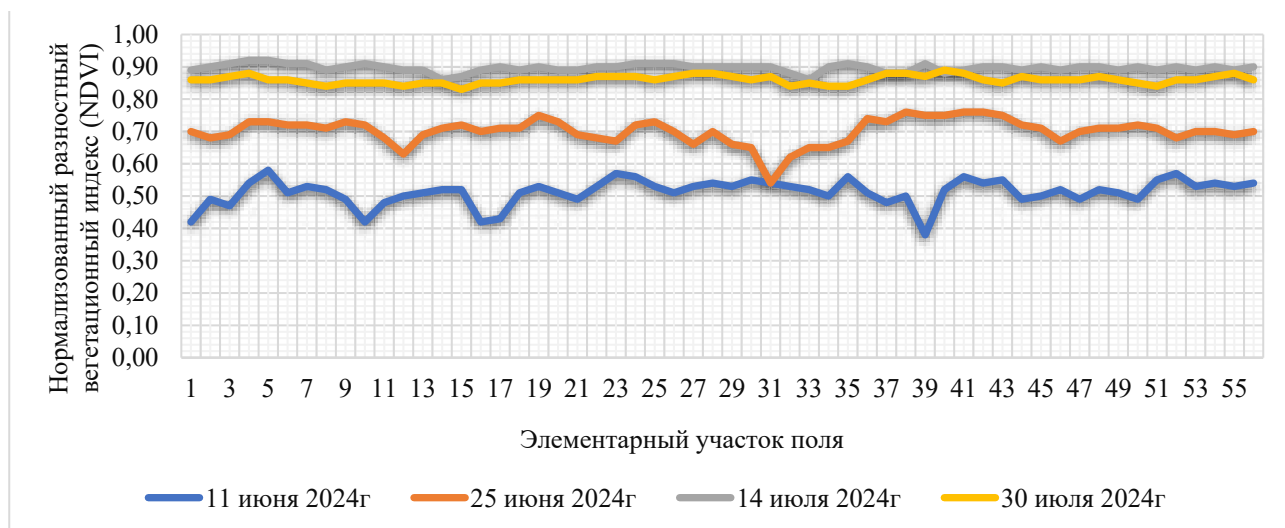


Рис. 8. Динамика NDVI по элементарным участкам поля в высокопродуктивном агроценозе яровой пшеницы, Оренбургская область, Беляевский район, май-июль 2024 г

Средняя по полю урожайность зерна составила 1,76 т/га и оказалась выше, чем в традиционных технологиях (1,23 т/га) на 0,53 т/га или 43,1 %.

Обсуждение

Низкая полнота использования биоклиматических ресурсов в производственных урожаях сельскохозяйственных культур в приграничных с РК постцелинных территориях при современном уровне агротехнологий указывает на далеко не исчерпанные резервы роста урожайности, составляющие 2,00...2,1 т/га.

Факторами, в наибольшей степени ограничивающими реализацию урожайного потенциала полевых культур, являются действующие в комплексе факторы природного и антропогенного (связанного

с уровнем реализуемых технологий) характера, в наибольшей степени проявляющиеся на непригодных к обработке почвах. Их земледельческое использование не обеспечивает высоких валовых сборов, а только повышает природозатратность, создаёт риски экологической безопасности и биологическому разнообразию.

Лимитирующее действие природных факторов в большей степени связано с неблагоприятностью климатических условий, характеризующихся высокой нестабильностью, общей тенденцией к повышению засушливости и проявлением периодов повышенного атмосферного увлажнения, препятствующих качественному и своевременному проведению технологических операций (посев, гербицидная

обработка, уборка) и значительно снижающих урожайные перспективы.

Ограничивающее действие факторов сельскохозяйственной практики, что подтверждается и другими исследованиями [19], чаще всего связано с низким качеством или недостаточной адаптивностью реализуемых агротехнологий. Их следствием становится стремительное истощение почвы, выражающееся в высокой пространственной мозаичности растительного покрова и наличии низкоурожайных участков, приводящее к потере части урожая и сопровождающееся существенным снижением валового сбора.

Переход к высокоэффективному и экологически сбалансированному земледелию, как показывает практика передовых хозяйств, наиболее целесообразен по пути сосредоточения технологических усилий природоподобной направленности на лучших землях.

Их внедрение сопровождается высоким природо- и ресурсосберегающим эффектом и обеспечивает растениям полевой культуры благоприятные условия для более полной реализации генетических ресурсов, характерных для естественных растительных сообществ.

Наибольший природо- и ресурсосберегающий эффект отмечается при реализации следующих технологических решений:

минимизация обработки почвы или её полное исключение с мульчированием поверхности пожнивными остатками и незерновой частью урожая, защищающая почву от чрезмерного иссушения и оптимизирующая водный, воздушный и пищевой режимы почвы, а также обеспечивающая благоприятные условия для развития почвенной биоты;

насыщение севооборотов многолетними травами и создание травяных экосистем, обеспечивающих благоприятные условия для почвообразования, расширение посевов бобовых культур, обогащающих почву симбиотически фиксируемым атмосферным азотом;

выращивание скороспелых, засухоустойчивых и жаростойких сортов, способных формировать зерно за короткий период вегетации, противостоять болезням и эффективно конкурировать с сорняками без излишней химической нагрузки, своевременная сортомена и сортообновление районированных сортов;

экологическое сортоиспытание перспективных сортов, устойчивых к наиболее вредоносным болезням (ржавчина, мучнистая роса), в т.ч. селекция сортов яровых культур с длительным периодом послеуборочного дозревания, пригодных для апробируемого отдельными хозяйственниками подзимнего посева (по аналогии с природой), имеющего неоспоримые преимущества в эффективности использования зимних и весенних осадков перед традиционным весенним посевом и существенном

снижении напряжённости (технической, кадровой) в период проведения посевной кампании;

интродукция нетрадиционных культур с высокими адаптационными и хозяйственными признаками (в т. ч. новых сортов традиционных культур, богатых антоцианами, антиоксидантами и даже обладающих лечебными свойствами), совершенствование технологических приёмов их возделывания к условиям современных климатических и антропогенных изменений.

В особую группу высокоэффективных технологических решений следует выделить использование цифровых ресурсов для мониторинга развития растительной массы с целью управления продуктивностью полевых культур.

Уровень развития современных геоинформационных систем (ГИС) позволяет в значительной степени автоматизировать процесс сбора информации об исследуемых территориях, в том числе о находящихся на ней объектах, их параметрах и пр. Использование ГИС значительно облегчает выполнение задач по упорядочению землепользования, территориальному и внутрихозяйственному землеустройству, ландшафтному планированию и землеустроительному проектированию [20].

В сельскохозяйственном отношении данные ДЗЗ активно используются для автоматизации процесса геоморфометрического анализа рельефа территории и построения тематических карт крутизны и экспозиции склонов, индекса расчленённости рельефа, потенциала плоскостной эрозии и др. [21].

Использование интеллектуальных ресурсов в земледелии, как показали наши исследования, позволяет в допустимых пределах нивелировать неоднородность условий внешней среды, например, почвенных условий и повышать урожайность растений на участках с низким потенциалом. Это достигается посредством мониторинга однородности растительного покрова, построения карт плодородия, засорённости посевов, поражённости болезнями и вредителями и дифференцированием на их основе норм высева семян, доз удобрений, средств защиты растений с использованием современной компьютеризированной техники и сельскохозяйственных орудий. Внедрение подобных интеллектуальных подходов сопровождается повышением валового сбора с общей площади поля при пониженной экологической нагрузке, в том числе на прилегающие ландшафты.

Таким образом, реализация экологически и технологически обоснованных систем землепользования, основанных на природоподобных подходах, использовании современного интеллектуального оборудования и информационных систем и ориентированных на снижение затрат природных ресурсов и более полную реализацию потенциала продуктивности полевых культур, может рассматриваться в качестве весомого аргумента к оптимизации структуры степного землепользования в

приграничных с РК постцелинных степных регионах РФ посредством вывода из обработки малопродуктивных земель и повышения продуктивности пахотнопригодных почв.

Заключение

В приграничных с РК постцелинных степных территориях РФ отмечается низкая полнота использования биоклиматических ресурсов и высокие резервы роста урожайности яровой пшеницы, составляющие 2,0...2,1 т/га. Наряду с метеорологической нестабильностью к значительному снижению уровня реализации потенциала продуктивности полевых культур приводят факторы сельскохозяйственной практики, отличающиеся ещё и высокой

природозатратностью. Наиболее целесообразным путем перехода к высокоэффективному и экологически сбалансированному земледелию, как показывает практика передовых хозяйств, является сосредоточение технологических усилий природоподобной направленности на лучших землях и использование геоинформационных систем для управления продукционным процессом полевых культур. Их внедрение сопровождается высоким природо- и ресурсосберегающим эффектом и обеспечивает растениям полевой культуры благоприятные условия для более полной реализации генетических ресурсов, характерных для естественных растительных сообществ.

Литература

1. Зеленев А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкологическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных чернозёмах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 77-88. doi:10.32786/2071-9485-2021-03-07
2. Бесалиев И. Н., Акимов С. С. Оценка влияния массы и площади зерна яровой пшеницы на показатели качества // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 19-25. doi:10.18286/1816-4501-2023-3-19-25
3. Зюкин Д. А., Беляев С. А. Роль зернового хозяйства в сельскохозяйственном производстве и экспорте агропродовольствия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 114-119.
4. Каширина Н. А. Анализ потребительского спроса на манную крупу // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2021. № 2 (17). С. 27-32.
5. Скороходов В. Ю. Влияние длительного возделывания твёрдой пшеницы в двупольных севооборотах и монопосевах на продуктивность культуры и почвенное плодородие чернозёмов южных Оренбургского Предуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 28-34. doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-8-34
6. Гулянов Ю. А. Эффективность использования природно-климатических ресурсов в земледелии постцелинных степных регионов Урала и Сибири // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 101-113. doi: 10.24412/2712-8628-2024-1-101-113
7. Чибилёв А. А., Святоха Н. Ю., Грудинин Д. А. Факторы и предпосылки формирования трансграничных особо охраняемых природных территорий в Российско-Казахстанском регионе // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 4 (69). С. 134-144. doi:10.18470/1992-1098-2023-4-134-144
8. Иванов А. Л. Рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 1. С. 7-10.
9. Падалко Ю. А., Чибилёв А. А. Российско-Казахстанские трансграничные водоёмы: типология, динамика, хозяйственное значение // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. № 1 (66). С. 94-101. doi: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101.
10. Мусагалиева А. С., Мусабекова Р. М. Деятельность ВНИИ зернового хозяйства в рамках борьбы с эрозиями почв в целинных районах Казахстана // Вестник ВолГУ. История, Регионоведение. Международные отношения. 2020. Т. 25. № 3. С. 31- 44. doi: 10.15688/jvolsu4.2020.3.3
11. Смагулова М. Эрозия почвы в сельскохозяйственных угодьях Казахстана // Интернаука. 2024. № 17-3 (334). С. 9-12.
12. Zahedifar M. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis // Catena. 2023. Vol. 222. P. 106807. doi: 10.1016/j.catena.2022.106807
13. Comprehensive assessment of land degradation in the arid and semiarid area based on the optimal land degradation index model / W. Shao, Z. Zhang, Q. Guan et al. // Catena. 2024. Vol. 1. P. 107563. doi: 10.1016/j.catena.2023.107563
14. Левыкин С. В., Казачков Г. В., Яковлев И. Г. К развитию целинного пространства: факторы, закономерности, контрасты, осцилляция // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 3 (90). С. 61-67. doi: 10.54398/20-776322_2023_3_61
15. Assessment of landscape ecological stability in the border postvirgin region of the Urals and Siberia / Yu. A. Gulyanov, A. A. Chibilyov, M. M. Silantieva, et al. // Acta Biologica Sibirica. 2023. No 9. P. 1037-1060. doi: 10.5281/zenodo.10213047

16. Агроэкологические показатели оптимизации структуры степных агроландшафтов / С. В. Левыкин, Г. В. Казачков, И. Г. Яковлев и др. // Социально-экологические технологии. 2017. № 2. С. 35-51.
17. Проблемы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям (на примере Оренбургской области) / Ю. А. Гулянов, А. А. Чибилёв (мл), А. А. Чибилёв и др. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 28-40. doi: 10.31857/S258755662201006X
18. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 05.08.2024).
19. Гулянов Ю. А. Природные и антропогенные факторы дестабилизации зернового производства в приграничных с Республикой Казахстан регионах Урала и Сибири // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 2 (38). С. 31-43. EDN: ZJYERX. doi: 10.5281/zenodo.12177624
20. Кирюшин В. И. Организация территориального и внутрихозяйственного землеустройства на ландшафтно-экологической основе // Достижения науки и техники АПК. Том. 38. № 5. С. 4-9. doi: 10.53859/12352451_2024_38_5_4
21. Геоморфометрический анализ сельскохозяйственных территорий на основе новой цифровой модели рельефа / М. Г. Ерунова, А. С. Кузнецова, А. А. Шпедт и др. // Достижения науки и техники АПК. 2024. Том. 38. № 4. С. 4-9. doi: 10.53859/02352451_2024_38_4_4

References

1. Zelenev A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agroecological assessment of the productivity of winter wheat varieties on the southern black soils of the Volgograd region // Vestnik of the Lower Volga Agro-University Complex: science, higher professional education. 2021. No. 3 (63). P. 77-88. doi: 10.32786/2071-9485-2021-03-07
2. Besaliyev I. N., Akimov S. S. Assessment of the influence of the mass and area of spring wheat grain on quality parameters // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No. 3 (63). P. 19-25. doi:10.18286/1816-4501-2023-3-19-25
3. Zyukin D. A., Belyaev S. A. The role of grain farming in agricultural production and export of agrifood // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2023. No. 4. P. 114-119.
4. Kashirina N. A. Analysis of consumer demand for semolina // Technologies and commodity science of agricultural products. 2021. No. 2 (17). P. 27-32.
5. Skorokhodov V. Yu. The influence of long-term cultivation of hard wheat in two-field crop rotations and monocrops on crop productivity and soil fertility of black soils of the southern Orenburg Cis-Urals // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No. 1 (61). P. 28-34. doi: 10.18286/1816-4501-2023-1-8-34
6. Gulyanov Yu. A. Efficiency of using natural and climatic resources in agriculture of post-virgin land steppe regions of the Urals and Siberia // Issues of the steppe studies. 2024. No. 1. P. 101-113. doi: 10.24412/2712-8628-2024-1-101-113
7. Chibilev A. A., Svyatokha N. Yu., Grudin D. A. Factors and prerequisites for formation of transboundary specially protected natural areas in the Russian-Kazakhstan region // South of Russia: ecology, development. 2023. Vol. 18. No. 4 (69). P. 134-144. doi:10.18470/1992-1098-2023-4-134-144
8. Ivanov A. L. Rational use and protection of land (soil) resources of the Russian Federation // Vestnik of Russian agricultural science. 2015. No. 1. P. 7-10.
9. Padalko Yu. A., Chibilev A. A. Russian-Kazakh transboundary water bodies: typology, dynamics, economic significance // South of Russia: ecology, development. 2023. Vol. 18. No. 1 (66). P. 94-101. doi: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101
10. Musagalieva A. S., Musabekova R. M. Activities of the All-Russian research institute of grain farming in the framework of soil erosion control in virgin land regions of Kazakhstan // Vestnik of VolSU. History, Regional Studies. International Relations. 2020. Vol. 25. No. 3. P. 31-44. doi: 10.15688/jvolsu4.2020.3.3
11. Smagulova M. Soil erosion in agricultural lands of Kazakhstan // Interscience. 2024. No. 17-3 (334). P. 9-12.
12. Zahedifar M. Assessing alteration of soil quality, degradation, and resistance indices under different land uses through network and factor analysis // Catena. 2023. Vol. 222. P. 106807. doi: 10.1016/j.catena.2022.106807
13. Comprehensive assessment of land degradation in the arid and semiarid area based on the optimal land degradation index model / W. Shao, Z. Zhang, Q. Guan et al. // Catena. 2024. Vol. 1. P. 107563. doi: 10.1016/j.catena.2023.107563
14. Levykin S. V., Kazachkov G. V., Yakovlev I. G. To the issue of development of virgin lands: factors, patterns, contrasts, oscillation // Geology, geography and global energy. 2023. No. 3 (90). P. 61-67. doi: 10.54398/20776322_2023_3_61
15. Assessment of landscape ecological stability in the border postvirgin region of the Urals and Siberia / Yu. A. Gulyanov, A. A. Chibilyov, M. M. Silantieva, et al. // Acta Biologica Sibirica. 2023. No. 9. P. 1037-1060. doi: 10.5281/zenodo.10213047
16. Agroecological parameters of improvement of the structure of steppe agrolandscapes / S. V. Levykin, G. V. Kazachkov, I. G. Yakovlev et al. // Social and environmental technologies. 2017. No. 2. P. 35-51.

17. Problems of adaptation of steppe land usage to anthropogenic and climatic changes (on the example of Orenburg region) / Yu. A. Gulyanov, A. A. Chibilev (yn), A. A. Chibilev et al. // Vestnik of the Russian Academy of Sciences. Geographical series. 2022. Vol. 86. No. 1. P. 28-40. doi: 10.31857/S258755662201006X

18. Specialized arrays for climatic research [Electronic resource]. Access mode: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (date of access: 05.08.2024).

19. Gulyanov Yu. A. Natural and anthropogenic factors of destabilization of grain production in the regions of the Urals and Siberia bordering the Republic of Kazakhstan // Tavrichesky Vestnik of Agrarian Science. 2024. No. 2 (38). P. 31-43. EDN: ZJYERX. doi: 10.5281/zenodo.12177624

20. Kiryushin V. I. Organization of territorial and intra-farm land management on a landscape-ecological basis // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. Vol. 38. No. 5. P. 4-9. doi: 10.53859/12352451_2024_38_5_4

21. Geomorphometric analysis of agricultural territories based on a new digital elevation model / M. G. Erunova, A. S. Kuznetsova, A. A. Shpedt et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2024. Vol. 38. No. 4. P. 4-9. doi: 10.53859/02352451_2024_38_4_4