

УДК 631.001:631.3.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-62-72>

обзорная статья/review

Утенков Г.Л.¹,
Утенкова Т.И.¹,
Власенко А.Н.²,
Котеев С.В.¹

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 630501, Россия, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., 1
E-mail: utenkov1951@mail.ru

² Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова

Ключевые слова: агроландшафт, зерновые культуры, агротехнологии, урожайность, рентабельность, добавочный продукт, инновации

Для цитирования: Утенков Г.Л., Утенкова Т.И., Котеев С.В., Власенко А.Н. Метод управления ресурсным потенциалом для эффективного возделывания зерновых в агроландшафтах Сибири. Аграрная наука. 2022; 358 (4): 62–72.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-43-52-60>

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи, несут равную ответственность за плагиат и представленные данные.

Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.

Genady L. Utenkov¹,
Tatiana I. Utenkova¹,
Sandzhi V. Koteev²,
Anatoly N. Vlasenko¹

¹ Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Russia, 630501, w.s. Krasnoobsk, Novosibirsk region, 1
E-mail: utenkov1951@mail.ru

² All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov – branch of the FSBI FNC VNIIESH, 1050641, Moscow

Key words: agroleandscape, grain crops, agrotechnologies, yield, profitability, additional product, innovation

For citation: Utenkov G.L., Utenkova T.I., Koteev S.V., Vlasenko A.N. Method of resource potential management for efficient grain growing in the agricultural landscapes of Siberia. Agrarian Science. 2022; 358 (4): 62–72. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-62-72>

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism and presented data.

The authors declare no conflict of interest.

Метод управления ресурсным потенциалом для эффективного возделывания зерновых в агроландшафтах Сибири

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Решение социальных проблем, обусловленных производством продуктов питания, а также создание рабочих мест в сельских поселениях являются главной функциональной особенностью отрасли растениеводства в агропромышленном комплексе. Причем производство зерна на душу населения в размере 1–1,2 т/чел. является основой благополучного будущего России. В складывающихся рыночных отношениях конкурентоспособность производимой продукции определяется ее ценой и качеством. Однако в зерновом производстве не все обстоит благополучно: оно остается экстенсивным, энергоемким и экологически несбалансированным. Для ведения расширенного воспроизводства уровень рентабельности должен составлять 25–30%. Низкая и неустойчивая доходность сельского хозяйства, а также частая непредсказуемость объемов государственной поддержки создают проблемы в развитии отрасли. А процентный рост эффективности возделывания зерновых культур не дает желаемых результатов. Цель исследований — обосновать метод управления ресурсным потенциалом агроландшафтов механико-технологическими решениями на основе выявления значимых почвенно-климатических факторов, влияющих на урожайность зерновых культур и создающих необходимые условия для более полной реализации их генетического потенциала, что выражается созданием цепочки добавочного продукта, определяющего эффективность возделывания зерновых культур в условиях Сибири.

Методы. В основу исследований положены системный подход, методы анализа иерархии и синтеза, методы математической статистики и дифференциального исчисления, экспериментальные методы.

Результаты. Для количественной оценки и учета действия природно-климатических условий предложено аналитическое выражение действительно возможной величины урожайности для возделывания зерновых культур. В качестве управляющих воздействий для получения заданного среднемирового уровня урожайности зерновых культур (не менее 3,0 т/га) в агроландшафтах предложена рациональная структура рекомендуемых для условий Сибири трех уровней интенсивности агротехнологий: экстенсивные — 31,0%; нормальные — 49,0%; интенсивные — 20,0%. Разработан алгоритм их синтеза. Предложенные методические подходы и механико-технологические решения способствуют снижению «контрастности» сложившейся ситуации путем рационального иерархического управления структурой потребляемых ресурсов в агроландшафтах Сибири для получения добавочного зернового продукта.

Method of resource potential management for efficient grain growing in the agricultural landscapes of Siberia

ABSTRACT

Relevance. The solution of social problems caused by food production, as well as the creation of jobs in rural populations are the main functional feature of the crop growing industry in the agro-industrial complex. Moreover, grain production per capita in the amount of 1–1.2 t/person is the basis for a prosperous future for Russia. In the emerging market relations, the competitiveness of the products produced is determined by their price and quality. However, not all is well in grain production: it remains extensive, energy-intensive and ecologically unbalanced. To conduct extended reproduction, the level of profitability should be 25–30%. Low and unstable profitability of agriculture, as well as the frequent unpredictability of the volume of government support, create problems in the development of the industry. And the percentage increase in the efficiency of the cultivation of grain crops does not give the desired results. The purpose of the research is to substantiate the method of managing the resource potential of agrolandscapes by mechanical and technological solutions based on the detection of significant soil-climatic factors affecting the yield of grain crops and creating the necessary conditions for a more complete implementation of their genetic potential, which is expressed by the creation of a chain of an additional product that determines the efficiency of the cultivation of grain cultures in Siberia.

Methods. The studies are based on a systematic approach, the methods of the hierarchy and synthesis, methods of mathematical statistics and differential calculus, experimental methods.

Results. For quantitative assessment and accounting of the actions of natural and climatic conditions, an analytical expression is proposed of the possible amount of yield for the cultivation of grain crops. As the control effects, to obtain a given average level of the yield of grain crops (at least 3.0 t/ha) in agrolandscapes, a rational structure recommended for the conditions of Siberia of three levels of intensity of agrotechnologies is proposed: extensive — 31.0%; normal — 49.0%; intense — 20.0%. The algorithm of their synthesis is developed. The proposed methodological approaches and mechanical and technological solutions contribute to a decrease in the “contrast” of the current situation through a rational hierarchical management of the structure of consumed resources in Siberian agrolandscapes to obtain an additional grain product.

Поступила: 14 января 2022
Принята к публикации: 22 марта 2022 года

Received: 14 January 2022
Accepted: 22 March 2022

Введение

Производство зерна как основного продукта, определяющего продовольственную безопасность страны, обуславливает 60% занятости агропромышленного комплекса [1]. Производство пшеницы составляет основу продовольственной безопасности. Причем производство зерна и другой высококачественной продукции ориентировано на удовлетворение главной потребности людей — в пище. Например, потребление населением низкокачественных хлебобулочных изделий приводит к острому дефициту микроэлементов, таких как витамин С (60–70% населения), железо (20–40%), кальций (40–60%), йод (до 70%), фолиевая кислота (до 80%). Поэтому в ближайшей и отдаленной перспективе им не будет конкурентов — будь то нефть, газ, нанотехнологии или оружие [2]. Решение социальной проблемы по производству зерна на душу населения в размере 1–1,2 т/чел. является основой благополучного будущего России [3].

В условиях Сибири производится 46% овса, 17% пшеницы и 15% ячменя. Однако за последние 30 лет урожайность и валовые сборы зерна не поменялись существенно. Так, в среднем Сибирь производит 13–14 млн т зерна в год при потенциале ежегодного урожая 30–35 млн т [4]. Основными отличительными особенностями сельскохозяйственного производства Сибири являются:

- сохраняющийся рост неэквивалентности в товарообмене сельского хозяйства с другими отраслями экономики. Цены на материально-технические и энергетические ресурсы, используемые для производства сельхозпродукции, растут более высокими темпами, нежели цены на сельхозпродукцию;

- энергообеспеченность 1 га пашни составляет 1,4 л.с./га при прогнозируемом уровне — 3,0 л.с./га;

- неэффективно эксплуатируются земельные угодья. В целом по региону не используется более 10 млн га. Это эквивалентно недобору такого же количества тонн зерна в пересчете на зерновые единицы;

- безубыточность земледелия обеспечивается урожайностью пшеницы не менее 20 ц/га зерна;

- продукция, вывозимая из сибирских регионов, имеет высокую стоимость и неконкурентоспособна;

- преобладание отсталых технологических укладов [5].

Считают, что стратегическим направлением научно-технического развития производства высококачественного зерна пшеницы должно стать освоение зональных интенсивных технологий, обеспечивающих эффективное использование почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации, учитывающих требования систем ландшафтного земледелия и экологической безопасности [6]. Однако в региональной системе продовольственной безопасности ограниченность ресурсов не позволяет сосредоточить производство всех продуктов в наиболее благоприятных условиях. Это оказывает существенное влияние на целесообразность специализации подсистем АПК региона на развитии отраслей, эффективных в данных почвенно-климатических и экономических условиях [5]. Поэтому для природных систем важна не величина энергетического воздействия, а надлежащая форма пространственного распределения энергии — «архитектура» энергетического воздействия. Как следует из работ академика РАН В. И. Кирушина [7], необходимость и возможность технологической модернизации заключается в поступательном освоении нормальных и интенсивных агротехнологий в адаптивно-ландшафтных системах

земледелия. При этом возрастает необходимость вероятностного подхода к принятию решений по варьированию способов обработки почвы, сроков посева, норм высева и др. А для результирующих критериев оценки земель следует принять потенциальную продуктивность и экономическую эффективность их использования. Считается, что при расчетах экономической эффективности механико-технологических решений должен учитываться уровень цен на сельскохозяйственную продукцию, производимую с помощью техники, а уровень рентабельности, равный 25–30%, должен обеспечивать условия ведения расширенного воспроизводства [8]. Однако низкая и неустойчивая доходность сельского хозяйства, а также частая непредсказуемость объемов государственной поддержки создают проблемы в развитии отрасли, что не способствует созданию необходимой воспроизводственной возможности использовать достижения научно-технического прогресса для повышения эффективности и конкурентоспособности производимой продукции. Так, в 2020 г. уровень рентабельности сельского хозяйства составил 13,6%, что почти в два раза ниже, чем необходимо для ведения отрасли на расширенной основе [9]. При этом рентабельное развитие растениеводства возможно только при оптимальном обосновании перечня высеваемых сельскохозяйственных культур [10]. В целом большинство хозяйств имеют низкую рентабельность, обладая слабым уровнем культуры земледелия и осведомленности о современных тенденциях аграрной практики. Полагают, что комплексное использование агротехнологий позволит увеличить урожайность зерна до 50% [11]. Однако в земледелии преобладают экстенсивные технологии, а техническое оснащение технологий является лимитирующим фактором роста эффективности. Зерновое производство Сибири на данном этапе не соответствует потенциальным ресурсам агроландшафтов территории. Оно по-прежнему остается экстенсивным, энергоемким и экологически несбалансированным [7, 12]. К тому же прекратили свое существование ранее целые цепочки добавленной стоимости, способные превращать сырье и материалы в наукоемкую и конкурентоспособную продукцию конечного спроса. Сфера общественного производства сузилась до производства сырья, полуфабрикатов и продукции низших технологических пределов [13]. А биологический потенциал созданных сортов реализуется не более чем на одну треть, что обусловлено низким уровнем технологичности производства, невысокой окультуренностью почв, недостаточным количеством вносимых удобрений и применением средств защиты растений [6]. Причем ограниченность спектра применения средств интенсификации приводит к росту себестоимости зерновых культур, несмотря на увеличение их урожайности [14]. Однако, как следует из работы [15], важным является определение будущих затрат на новое техническое инновационное оснащение, которое должно быть не просто новым, а соответствовать технико-экономическим показателям. Причем инновационный потенциал подавляющей массы предприятий и организаций не позволяет им решать эту проблему. А выигрыш в процентах не дает желаемого преимущества от принятого решения, проявляющегося в развитии народного хозяйства. Только 85% замена технического оснащения является экономически оправданным. Внедрение более совершенных ресурсов позволяет снизить количественную составляющую ресурсного потенциала при сохранении или увеличении результата аграрного производства.

Однако опережающий рост цен на энергоресурсы и другие материально-технические средства является главным макроэкономическим риском, ограничивающим возможность инновационного развития и перехода к использованию новых технологий. Считается, что ресурсосбережение есть интенсификация производства [16]. А достижение желаемых темпов роста показателей эффективности в соответствии с эталоном на конкретном предприятии не всегда возможно. Это обусловлено тем, что не учитывается важность и значимость решаемых проблем на всех иерархических уровнях, и неумением управлять этими процессами [17].

Основной причиной низкой эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, включая зерновые, является несоответствие сопряжения биологических и экологических циклов в различных климатических зонах нашей страны. В методическом плане, главным недостатком является теоретический подход, в котором агротехнология рассматривается не как целое, а как набор отдельных машин, реализующих технологические операции [18]. Для сельскохозяйственного производства создано несколько сотен современных технологических решений. Однако формирование агротехнологий в сельскохозяйственном производстве должно идти от требований почвы к машине, а не от машины — рабочего органа — к почве [19]. Именно методологический кризис в науке и инженерии АПК страны является одной из причин массового импорта сельскохозяйственной техники, а также стагнации производства отечественных продуктов питания [20].

В открытых системах, к которым относится почва, присутствуют потоки переноса вещества энергии и информации. А основная особенность открытых систем заключается в том, что она возникает в результате деятельности человека и базируется на знаниях. Причем развитие любой системы обусловлено нарастанием сложности, выражающейся преимущественно в росте новых свойств и менее заметного приращении их количества. Поэтому появляется необходимость в организации новой формы научных знаний о технологических процессах и в их новом видении, дающем целостное представление о закономерностях реализации процессов и их взаимосвязях, а также о методах поддержания их системности. Важность целого как системы предполагает формирование новых свойств, которых не было у первичных элементов (эмерджентность). При этом фактором целостности, связывающим составные части комплекса в единое целое, считается стабильность функционирования технологических систем, которая проявляется через качество конкретной технологии. Целое развивается быстрее составляющих его частей. Перспективными для проектирования сложной технологической системы являются те технологии, функции которых соответствуют потребностям сложной системы. Поэтому для проектирования сложных технологий возникает необходимость применения методологии, описывающей стохастические процессы и предлагающей разрешение нелинейности поведения сложных систем [21]. Причем решение оптимизационной задачи позволяет определить такую структуру производства, которая при заданных условиях позволяет получить наивысшую прибыль [22]. Однако упрощение взаимоотношений с подсистемами и недостаточное обоснование одного из элементов системы незамедлительно приводят к неэффективному использованию материальных затрат. К тому же, несоблюдение и незнание корреляционных связей между ресурсными составляющими, даже

при их количественной достаточности, являются основной причиной недостижения фактической урожайностью сельскохозяйственных культур их биологического потенциала. Известно [23, с. 18], что влияние сельскохозяйственной деятельности на агроландшафты осуществляется в 4 основных направлениях:

- 1) пространственная и функциональная перестройка ландшафтной структуры и ее компонентов;
- 2) изъятие части биологической продукции;
- 3) привнесение в ландшафт вещества и энергии;
- 4) создание инженерно-технических сооружений и применение механизированных технологий.

Однако, как следует из работы [24], 1/3 загрязнения природы приходится на аграрный сектор экономики. А ежегодный экологический ущерб от интенсивного сельского хозяйства в России превышает 3,0 млрд руб. Принято считать, что строгая технологическая и техническая регламентации производственных процессов обеспечивает снижение отрицательных последствий от антропогенной деятельности на природу в сельскохозяйственном производстве. Для реализации такой деятельности требуется постоянный мониторинг сельхозугодий. Однако, как следует из работ академика РАН В.П. Якушева [25], применяемые современные методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) обладают существенными недостатками, обусловленными ограниченными случаями соответствия спутниковых изображений спектральным характеристикам растительного покрова и еще реже физиологическим, биологическим или агрономическим характеристикам посева. Но без понимания связей невозможно успешное применение на практике полученной информации от ДЗЗ, так как не представляется возможным оценить целесообразность выполнения различных агромероприятий, направленных на оптимизацию производственного процесса, их масштаб и сроки выполнения. Особенно остро ощущается отсутствие теории в области управления технологиями в растениеводстве и агрономии. «... Мы сможем получить только самые общие рекомендации по использованию электронных карт урожайности и распределения элементов питания по площади поля в режиме “off-line” или таблиц и монограмм в режиме “on-line”. Это никак не соответствует сути точного земледелия и естественно не приводит к получению желаемого результата и никак не способствует уменьшению рисков сельскохозяйственного производства» [26]. Поэтому на данный момент, как следует из работы [27], не существует единой методологической платформы для решения указанной задачи. Объективная вариабельность окружающей среды, параметров физиологического состояния посевов, сложность учета других факторов, оказывающих значимое воздействие на агроценоз, ограничивают применение инновационных технологий точного земледелия в масштабе отдельных хозяйств и полей. Поэтому требуются другие количественные методы обнаружения внутривидовой изменчивости условий формирования урожая. Организовать более эффективно сельскохозяйственное производство можно путем более полного и оптимального использования имеющихся ресурсов, более широкого вовлечения в технологические процессы качественно новых факторов, соответствующих гибким и адаптивным реакциям биосистем на различных уровнях функционирования. При этом гибкость технологии должна проявляться в ее способности изменить программу функционирования при изменении намеченных целей, а адаптивность — в способности подчиняться намеченным условиям функ-

ционирования. А любое несоответствие технологии почвенно-климатическим особенностям или ошибки в выборе сортов, элементов технологии приводят к экономическим и экологическим издержкам [28]. Для эффективного производства зерна рекомендуется активное освоение адаптивно-ландшафтной системы земледелия с набором агротехнологий различных уровней интенсификации [29]. Исследования [10] показывают, что Сибирский федеральный округ является перспективным регионом для развития отраслей растениеводства. Здесь эффективны дополнительные финансовые вложения в мероприятия по улучшению использования биоклиматического потенциала. Причем рентабельное развитие растениеводства возможно путем оптимального обоснования перечня высеваемых сельскохозяйственных культур, способного создать двухкратное увеличение валового дохода. Общие резервы роста объемов зернового производства в Сибирском федеральном округе (СФО) на основе применения агротехнологий и их уровней интенсивности представлены в табл. 1 [30].

Для удвоения и даже утроения производства зерна в стране достаточно на сегодняшний день минеральных удобрений, средств защиты растений и энергоресурсов. Но применяемые системы управления при этом не должны быть жесткими и должны позволять быстро адаптироваться не только к «капризам» природы, но и к резкому удорожанию энергетических и других ресурсов, переходу к рыночным, конкурентоспособным отношениям. Считается, что прогнозируемый рост производства зерна возможен путем агроландшафтного районирования, рационального структурирования посевных площадей и обеспечения интенсификации производства [4]. Причем оптимизация структуры посевных площадей в СФО позволяет в среднем обеспечить двухкратное увеличение валового дохода [10]. Именно выбор наилучших технологий, обеспечивающих получение заданного конечного результата, будет являться тем возможным управлением режимами агроландшафта, при котором задача нахождения компромисса между продуктивностью посевов и устойчивостью агроэкосистемы получает свое окончательное разрешение. А адаптивная направленность агротехнологий проявляется в оперативном изменении отдельных технологических приемов, звеньев и всей технологической системы, а также в рациональном распределении производственных ресурсов в пространстве и времени. Считается, что максимальная эффективность достигается при варьировании операциями в принятой технологии [31]. Однако в принимаемых решениях по изменению технологического процесса в целом, кроме экологической целесообразности, необходимо применять экономический критерий, который предполагает альтернативность выбора технологических приемов, варианты которых не всегда рассматриваются [32, 33]. Причем статистические модели для измерений экономической эффективности малопригодны. У аналитических показателей стабильность параметров и надежность оценок эффективности значительно выше [17]. Но моделей, охватывающих проблему биопродуктивности в целом, как продукта взаимодействия агроценоза с факторами внешней среды, пока еще не создано [34]. Согласно [23], взаимодействие сельскохозяйственных

Таблица 1. Возможности производства зерна в СФО при различных агротехнологиях

Table 1. The possibility of grain production in the SFD at various agrotechnologies

| Уровень интенсификации агротехнологий | Посев зерновых на 10 млн га | |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| | Урожайность, т/га | Валовой сбор, млн т |
| Экстенсивные | 1,8 | 18,0 |
| Нормальные | 2,3 | 23,0 |
| Интенсивные | 3,0 | 30,0 |

технологий с природной подсистемой проявляется в выделении индивидуально обрабатываемых рабочих участков. Для реализации управляющих воздействий на протекающие процессы в природе и научного познания изучаемой природно-антропогенной системы используются модели, отображающие структуру, свойства, функционирование и развитие моделируемой системы. При этом управление предполагает деятельность по регулированию режимов функционирования ландшафтов при их хозяйственном освоении и в процессе выполнения ими заданных социально-экономических функций. Управление включает в себя: 1) выбор выполняемых ландшафтами функций; 2) подбор ландшафта для удовлетворения определенных потребностей общества; 3) смена функций, выполняемых ландшафтом; 4) определение пространственных и временных требований общества к ландшафту, исходя из его возможностей. Предлагается три концепции учета связей при оценке развития сложных систем, к которым относятся природно-аграрные системы. Причем применение метода аналогий или метода экспертных оценок, а также «словесно-описательных» методов исследований как аппарата выработки, принятия решений о формировании этих систем и управления ими не дает окончательного ответа на возникающие вопросы. Качественная информация, получаемая от этих методов, способствует формированию проблемы, но не позволяет принять управленческое решение. Именно в математических моделях заложены преимущества, основанные на предсказаниях, которые можно сравнивать с реальными данными. Поэтому при реализации математических моделей становится ясным, какие данные для них необходимы [16]. Для формирования и управления природно-антропогенными системами модели должны строиться в соответствии с уровнями организации живой природы. Поэтому правильная стратегия заключается в создании узко ориентированных решений — моделирование для конкретного случая, конкретной проблемы [35]. Считается [23], что реализуемая на принципе равноправного существования третья концепция, учитывающая как детерминированные, так и случайные связи, является наиболее приемлемой для реализации стратегии поведения человека как активного элемента управления природно-аграрными системами. В своей работе [36] академик РАН Глазьев С.Ю. отмечает, что «...преемственность между двумя укладами состоит в применении технологии, основанной на использовании знаний об элементарных структурах материи, а также на алгоритмах обработки и передачи информации, полученных фундаментальной наукой. ...Устаревшие технологические укладыотягощены избыточными мощностями, что сталкивается с большими масштабами обесценивания капитала. ... Важна не только концентрация ресурсов на перспективных направлениях становления нового технологического уклада, но и умелое использование

«смешанной», дифференцированной стратегии продвижения по этим направлениям (существующим)». Исследования [37] показывают, что развитие техники и технологий в сельском хозяйстве тесно связано с общим развитием экономики и ее технологических укладов. На основе анализа системообразующих и ключевых факторов, а также основных достижений укладов показано, что отдельные организационно-экономические формы и фазы развития технологических укладов могут периодически повторяться и возрождаться на качественно новом техническом и технологическом уровне. Причем индустриальная составляющая технологии (тракторы, сельхозмашины и др.) продолжит существовать еще долгие годы, подвергаясь поэтапной модернизации.

Организация любого производства, считают авторы [38], должна начинаться с технологии, а экономика — с производства. Если технология не изменяется, то производство и экономика находятся в застое. Однако такие условия не выполняются, что приводит к непредсказуемости получения заданных параметров урожая и его качества. Поэтому для каждой природной зоны и почвенной разновидности требуется создание экономически целесообразной степени окультуренности почв. А на основе операционных и инновационных технологий с определением оптимального уровня интенсификации появляется возможность получения гарантированного уровня урожая, обеспеченного зональными ресурсами влаги и тепла. Такие технологии должны стать основой для разработки новой техники и определения потребности в материально-энергетических ресурсах. Считают [39], что без экономической выгоды никакие научные рекомендации выполняться не будут, если они даже предусматривают повышение урожайности, его качества, снижение потерь, а также сохранение и повышение плодородия почв. Во всех случаях технологии должны обеспечивать окупаемость финансовых затрат, утилизацию отходов, экологическую чистоту производства. При этом необходимым условием является устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [40]. Однако в экономике зернового хозяйства не все благополучно, «... пока в нем преобладает суженное воспроизводство» [41]. При производстве сельхозпродукции в рыночных условиях целью любой сельскохозяйственной организации (СХО) является повышение его эффективности, а способ ее получения — интенсификация. Однако инновационная деятельность в России доступна только отдельным экономически крепким зернопроизводящим хозяйствам, количество которых превышает 15% от всей их численности. Установлено [42], что инновационное отставание влечет не только экономические потери, но и ущерб экологии, социальной и другим сферам жизни. Считается, что новации возникают в технологиях с достаточным количеством разнообразных процессов, взаимодействующих между собой через связи [21]. Но в зерновом производстве преобладает суженное воспроизводство [41]. А урожайность возделываемых культур как интегральный показатель эффективности земледелия оценивает степень и эффективность использования земли и влияет на величину других показателей [43]. Поэтому технологиям точного земледелия как одному из прогрессивных направлений на сегодняшний день [44, 45] в большей мере соответствует действительно возможная величина урожайности Удву, являющаяся интегральным показателем его оценки.

Цель исследований — обосновать метод управления ресурсным потенциалом агроландшафтов механи-

ко-технологическими решениями на основе выявления значимых почвенно-климатических факторов, влияющих на урожайность зерновых культур и создающих необходимые условия для более полной реализации их генетического потенциала, что выражается созданием цепочки добавочного продукта, определяющего эффективность возделывания зерновых культур в условиях Сибири.

Методика

В основу исследований положены системный подход, методы анализа иерархии и синтеза, методы математической статистики и дифференциального исчисления, экспериментальные методы.

Результаты

Для количественной оценки действительно возможной величины урожайности нами предлагается аналитическое выражение:

$$y_{дву} = 10K_t K_{ФАР} (e^{\pi K_y K} - 1) (a \pm \frac{b}{k_H}),$$

где 10 — коэффициент перевода урожайности, т/га; K_t — коэффициент теплообеспеченности; $K_o = 1,0507$ — коэффициент развития; $K_{ФАР}$ — коэффициент фотосинтетически активной радиации. По А.А. Ничипоровичу, средние значения коэффициентов полезного действия ФАР составляют для обычных посевов 0,5–1,5%; для хороших — 1,5–3%; для рекордных — 3,5–5%; для теоретически возможных — 6–10%. Для условий Сибири в базовых вариантах принимается $K_{ФАР} = 1,0$, что соответствует 2,5%-му коэффициенту полезного действия ФАР [46]; K_y — коэффициент увлажнения; a, b — коэффициенты аппроксимации; k_H — коэффициент неоднородности почвенного покрова.

В агроландшафте на основе моделей продукционного процесса средством управления агроценозом конкретной культуры служит агротехнология. Причем адаптивная направленность агротехнологий может проявляться в необходимости оперативного изменения отдельных технологических приемов, звеньев и всей технологической системы, а также в рациональном распределении производственных ресурсов в пространстве и времени. В принятии решений по изменению технологического процесса, кроме экологической целесообразности, участвует экономический критерий, который предполагает альтернативность выбора. Известно, что экономически эффективными являются технологически эффективные решения, обеспечивающие минимизацию потребляемых ресурсов [47].

В общем случае, как следует из работы [17], критерием эффективности принимаемых решений является отношение результата к обеспечивающим его затратам. Однако до настоящего времени общепризнанный показатель экономической эффективности производства отсутствует. Это обусловлено трудностями решаемых задач по переводу экономики на интенсивный путь развития и обеспечению роста эффективности. Полагают, что корень неудач кроется не только в недоучете на всех уровнях важности этой проблемы, но и в неумении управлять этими процессами. Существующие машинные технологии, считает академик РАН В.А. Панфилов [48], стали стереотипом, от которого трудно отказаться. Однако эти технологии избыточно ресурсозатратны, экологически небезопасны, требуют участия человека в производственных процессах. Поэтому только си-

стематизированные теоретические знания различных технологий представляют собой структурированную, целостную систему знаний и способны генерировать неординарные решения технологических и технических задач. При этом фактором целостности, связывающим составные части комплекса в единое целое, следует считать стабильность функционирования технологических систем, которая проявляется через качественную реализацию в конкретной технологии [49].

Предлагается три группы параметров эффекта технологического объекта: параметры эффекта, характеризующие масштабы технологического процесса; параметры эффекта, характеризующие ресурсосберегающее ведение процесса, и параметры эффекта, обеспечивающие необходимое качество получаемого продукта [50]. Однако считается, что решающее влияние на экономическую эффективность имеет урожайность [51]. С ростом урожайности снижаются постоянные и переменные издержки на единицу произведенного зерна.

Показано, что при производстве зерновых культур в ЕС погашение полных издержек осуществляются при их урожайности 75 ц/га и при цене реализации 11 евро/ц. В конкретных местных условиях урожайность зерновых зависит от генетического потенциала возделываемых сортов и почвенно-климатических условий, а также от специфической интенсификации.

Важность урожайности возделываемой культуры как экономического показателя состоит в том, что она оценивает степень и эффективность использования земли и влияет на величину других показателей [44]. В свою очередь характер использования почв определяется заданным уровнем рентабельности выращиваемой сельскохозяйственной культуры. Причем рентабельность определяется уровнем урожайности, которая, в свою очередь, определяет оптимальные свойства почв [52]. Установлено [53], что в условиях Сибири для получения максимума прибыли при возделывании зерновых культур долевое участие почвенно-климатических условий в росте урожайности должно быть не менее 56%. Другие [54] считают, что для появления прибыли необходимо денежный капитал превратить в производственный, вложенный в средствах производства и рабочей силе, а также в готовых товарах. Причем новый производственный капитал должен обладать техническим строением, более высоким по сравнению со средним, так как уровень издержек функционально зависит от величины органического строения капитала в производстве.

Рациональным направлением по росту эффективности возделываемых сельхозкультур считается [55] создание узко ориентированных решений для каждой конкретной проблемы — моделирование для конкретного случая. В работе [56] для получения заданных выходных показателей эффективности возделывания зерновых культур нами предложен алгоритм синтеза рекомендуемых для условий Сибири трех уровней интенсивности агротехнологий. Рациональная структура уровней ин-

Рис. 1. Системное представление машинной агротехнологии возделывания зерновых культур: 1) формирование технологических операций (потребность); 2) техническая реализация технологических операций; технология — совокупность технологических операций (процессов); ТКМ — технологический комплекс машин; 3 — затраты

Fig. 1. Systematic representation of machine agrotechnology of cultivation of grain crops: 1) the formation of technological operations (need); 2) technical implementation of technological operations (processes); TCM — technological complex of machines; C — costs



тенсивности агротехнологий для получения заданного среднемирового уровня урожайности зерновых культур (не менее 3,0 т/га) имеет следующий вид: доля экстенсивных агротехнологий — 31,0%; доля нормальных агротехнологий — 49,0%; доля интенсивных агротехнологий — 20,0%. Это не противоречит исследованиям академика РАН А.Г. Семкина [57]. Согласно его исследованиям совершенствования системы управления на всех иерархических уровнях, изменение функции требует больших усилий, чем изменение структуры, что приводит к необходимости потребления в большем объеме применяемых ресурсов. В зависимости от уровня интенсификации применяемых агротехнологий СибНИИЗИХ СФНЦА РАН разработаны адаптивно-мобильные полевые севообороты, обеспечивающие максимальный рост энергетического коэффициента в диапазоне 2,72–3,09 МДж.

В общем случае системное представление внутренней среды машинной агротехнологии, формируемой под воздействием переменных и оказывающих непосредственное влияние на ее осуществление процессов, нами схематично представлено на рис. 1.

Процессы определяют структуру машинной агротехнологии, необходимые ресурсы и культуру, которые отражают состояние и главные черты внутренней среды. Внутренняя среда агротехнологии как системы зависит от внешней среды, из которой она получает все необходимое для своего осуществления и которой она предлагает продукцию (например, урожай зерновых культур) как результат преобразования ресурсов. Изменения, происходящие в системе, связаны с выполнением различных взаимосвязанных технологических процессов, направленных на создание устойчивого ее состояния.

Для регулирования теплового режима, сохранения почвенной влаги, а также увеличения содержания углерода и азота, микробной массы, восстановления при-

родных процессов почвообразования в агроземах, что отражено в предлагаемой формуле действительно возможной урожайности, рекомендуется [58, 59] применение No-till технологий. Такие технологии основаны на трех ключевых позициях — постоянное покрытие (мульчирование) поверхности почвы пожнивными растительными остатками; отказ от всех видов механической обработки почвы не только под отдельные культуры, но и в ротации севооборотов, что приводит к снижению общих затрат на 20–25%; расширение ассортимента возделываемых культур на основе диверсификации растениеводства. В условиях Сибири показано, что в среднем за годы исследований при выращивании пшеницы по No-till технологии с учетом изучаемых предшественников ее урожайность составила 3,14 т/га, что достоверно выше ($HCP_{05} = 0,13$), чем при использовании традиционной технологии (2,92 т/га). Однако эффекты проявляется не сразу, а по истечении не менее 10 лет, что связывают со скоростью накопления органического вещества и улучшения свойств почвы. В качестве основного недостатка применения No-till технологии выделяют невозможность справляться с уплотнением почвы без применения основной обработки почвы и то, что она не всегда обеспечивает получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

С целью улучшению структуры почвы и ее физико-механических свойств, а также фитосанитарных условий для почвенной среды, создания благоприятных условий для деятельности почвенных организмов и развития растений рекомендуется в разных регионах и на почвах всех типов и разновидностей с большим диапазоном влажности (до 30%) широкое применение чизелевания. Такая обработка почвы лучше противостоит уплотнению тяжелыми тракторами и сельхозмашинами, устраняет плужную подошву, надежно защищает от дефляции, снижает расход топлива на 18–21%. Однако чизельная обработка и особенно ее глубокое рыхление не обеспечивают требуемого крошения почвы: до 40% — по вспаханному полю и всего 25% — для рыхления по неспаханному [60]. Следует заметить, что низкое качество крошения почвы приводит к снижению коэффициента полезного действия, являющегося интегральным показателем применяемых машинно-тракторных агрегатов. Для реализации технологических процессов нужны обоснованные инженерные решения, так как недостаток их приводит к неоправданным затратам. Согласно исследованиям [61], за последние годы в литературе отсутствуют научно обоснованные рекомендации по оптимальному техническому обеспечению процессов возделывания полевых культур. Современные подходы к механизации возделывания полевых культур уже не обеспечивают нужные темпы роста главного показателя эффективности производства — производительности труда. А практика «стихийного» комплектования сельхозпредприятий парком машин не только не дает должного эффекта от новой техники, но и приводит к негативным явлениям, увеличивая стоимость продукции, разрушая структуру почвы и снижая ее плодородие. Согласно [62], сельхозмашины, созданные в XX веке и работающие по законам механики, исчерпали себя. Они работают инстинктивно, неуправляемо, не учитывают стохастический, случайный характер обрабатываемого объекта и распределения результатов работы. По данным [63], 42–54% вредной работы совершают машинно-тракторные агрегаты. В условиях Урала и Западной Сибири низкое качество выполнения технологических операций и превышение оптимальных агросроков про-

ведения полевых работ в 3...5 и более раз приводит к снижению урожайности зерновых культур до 30% [64]. Необходимо компромиссное решение в выборе средств механизации, когда производительность труда возрастает при условии снижения денежных затрат по сравнению с базовым вариантом. Причем необходимо сокращать капиталовложения в средства механизации не меньше, чем в 2 раза [61].

Для повышения эффективности возделывания зерновых культур путем регулирования неоднородной структуры почвенного покрова нами [65] разработан автоматизированный технологический комплекс почвообработки (АТКП) [66]. Изменения конструкции в данном комплексе путем трансформирования являются основой создания адаптивных и трансадаптивных сельскохозяйственных машин по отношению к конкретным условиям окружающей среды, зональным агроландшафтам. А процесс адаптации технологического процесса реализуется двумя способами:

1) текущим изменением параметров технического средства; 2) подключением системы управления.

В качестве диагностического признака, оценивающего качество обработки почвы и ее энергоемкости, принят физический показатель почвы — ее твердость [67]. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ на изобретение [68]. Применение АТКП позволяет улучшить качество обработки почвы, повысить производительность на 15–20%, что снижает агросроки проведения полевых работ.

Для рационального использования семенного материала путем равномерного распределения семян в ленте, а также более эффективного использования выпадающих осадков предложен бороздочно-ленточный способ посева зерновых культур. Проведенные нами лабораторно-полевые и хозяйственные экспериментальные исследования на выщелоченных черноземах ОПХ «Элитное» подтвердили гипотезу А.А. Конищева [69] о том, что на гомогенно рыхлых, плотных и оптимально плотности почвенных слоях высокий урожай несуществвим. А обработка почвы служит оптимизации среды обитания растений. Предложенный нами бороздочно-ленточный способ посева, формирующий микро-рельеф поверхности поля, в сравнении с рядовым способом, осуществляемым прессовой сеялкой СЗП-3,6 и широко применяемым при возделывании зерновых культур на черноземах, обеспечивает рост урожайности яровой пшеницы на 20–35%.

В целом, как следует из работы [17], для уменьшения условно-постоянных расходов и оборотных средств, снижения удельного расхода потребляемых ресурсов, уменьшения себестоимости производимой продукции рекомендуется сокращение производственных циклов, приводящее к экономии времени при выполнении технологических операций. Однако ограниченное количество техники и людей затрудняет организацию непрерывного поточного производства и согласованность выполнения технологических операций во времени и пространстве. Эффективным решением для складывающихся условий является применение комбинированных агрегатов многоцелевого назначения [61, 70]. Однако низкая и неустойчивая доходность и дефицит собственных и заемных средств, хроническая инновационная недостаточность, значительная закредитованность, относительно высокая зависимость аграрной сферы экономики от импортных поставок отдельных видов средств производства, а также относительная слабая государственная поддержка сдерживают рост

инвестиций в основной капитал, тем самым сдерживают развитие отрасли [9]. Нами [71] для управления затратным механизмом при возделывании зерновых культур предлагается экономико-математическая модель, учитывающая себестоимость производимой зерновой продукции и ее урожайность. Причем величина урожайности как случайная величина в условиях ограниченных финансовых ресурсов наиболее удобно описывается как плотность распределения. Проверка предложенной модели на зерновых культурах, выращиваемых в Коченевском районе Новосибирской области, показала ее хорошую прогностическую способность. Ошибка в расчетах для средней урожайности яровых зерновых менее 5%, что приемлемо для практического применения.

Выводы

Ограниченность ресурсов в региональной системе продовольственной безопасности не позволяет сосредоточить производство всех продуктов в наиболее благоприятно сложившихся условиях агроландшафтов, которые характеризуются экологической неустойчивостью. Возникает потребность и целесообразность в специализации подсистем АПК региона на развитии отраслей, эффективность которых в данных почвенно-климатических и экономических условиях очевидна. Для решения проблем, присутствующих в сложных динамических природно-антропогенных системах, наиболее практичным применением является принцип декомпозиции. А применение метода анализа иерархий для реализации управляющих воздействий позволяет рационально использовать потребляемые ресурсы и получать дополнительную единицу производимой зерновой продукции, площадь возделывания которой

превышает 60% (масштабный эффект), а также другой высококачественной сельскохозяйственной продукции, ориентированной на удовлетворение главной потребности людей — в пище. Именно пища в ближайшей и самой отдаленной перспективе не будет иметь конкурентов — будь то нефть, газ, нанотехнологии или оружие, так как в конечном итоге качество пищи и среды обитания определяет качество жизни людей. Это наивысший уровень иерархии в управлении потребляемыми ресурсами, отражающий социальную направленность.

В условиях действия рыночной экономики производство конкурентоспособной зерновой продукции является определяющим, при этом денежный эквивалент не имеет альтернативы. А применение ресурсосберегающих агротехнологий и их технического оснащения (эффект ресурсосбережения) являются наиболее эффективным адаптивным приемом, обеспечивающим рациональное использование применяемых ресурсов при возделывании зерновых культур. Агротехнологии и техническое их оснащение обеспечивают качество и точность выполнения технологических операций, а также формируют затратный механизм, что соответствует исследованиям [40, 47]. Предложенные методические подходы и механико-технологические решения способствуют снижению «контрастности» почвенного покрова и изменяют сложившуюся ситуацию преобладающего применения экстенсивных агротехнологий путем рационального иерархического управления структурой потребляемых антропогенных и почвенно-климатических ресурсов в агроландшафтах Сибири. Это позволяет получить добавочный продукт и повысить эффективность агротехнологий возделывания зерновых культур и в целом конкурентоспособность зерновой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтухов А.И. Зернопродуктовые комплексы АПК страны: проблемы становления и развития. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2015;6:2 – 7. [Altukhov A.I. Grain products complexes of the country's agro-industrial complex: problems of formation and development. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2015;6:2 – 7 (In Russ.).]
2. Жученко А.А. Основы перехода к адаптивной стратегии устойчивого развития АПК России/*Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2011.8.1 – 3. [Zhuchenko A.A. Fundamentals of the transition to an adaptive strategy for sustainable development of the agro-industrial complex of Russia. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2011;8:1 – 3 (In Russ.).]
3. Лачуга Ю.Ф. Сельскохозяйственному производству – новые знания. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011;3:3-8. [Lachuga Yu.F. Agricultural production - new knowledge. *Agricultural machines and technologies*. 2011;3:3 – 8. (In Russ.).]
4. Тю Л.В., Афанасьев Е.В., Быков А.А., Алещенко О.А. Экономическая эффективность и перспективы развития зернового производства в Сибири. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2021;1:28 – 32. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-1-28-32. [Tyu L.V., Afanasiev E.V., Bykov A.A., Aleshchenko O.A. Economic efficiency and prospects for the development of grain production in Siberia. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2021;1: 28 – 32. (In Russ.).] DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-1-28-32.
5. Першукевич П.М., Тю Л.В., Стенкина М.В. Основные направления социально – экономических исследований в аграрном секторе Сибири: настоящее будущее. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(4): 9-13. [Pershukovich P.M., Tyu L.V., Stenkina M.V. The main directions of socio-economic research in the agricultural sector of Siberia: the present future. *Achievements of science and technology АПК*. 2016;30(4):9-13 (In Russ.).]
6. Алтухов А.И., Милащенко Н.З., Завалин А.А., Трушкин С.В. Интенсификация зональных технологий – стратегия на-

учно – технологического развития производства высококачественной пшеницы в стране. *Экономика сельского хозяйства России*. 2017;5:36 – 46. [Altukhov A.I., Milashchenko N.Z., Zavalin A.A., Trushkin S.V. Intensification of zonal technologies - a strategy for scientific and technological development of high-quality wheat production in the country. *Agricultural Economics of Russia*. 2017;5: 36-46 (In Russ.).]

7. Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивного – ландшафтного земледелия. *Земледелие*. 2021;2:3 – 7. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201. [Kiryushin V.I. State and problems of development of adaptive-landscape agriculture. *Agriculture*. 2021;2:3 – 7. (In Russ.).] DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201.

8. Водяников В.Т. Научно – технический прогресс и проблемы экономической оценки технических средств производства. *Экономика сельского хозяйства России*. 2019;3:30 – 35. DOI 10.32651/193-30. [Vodyanikov V.T. Scientific and technical progress and problems of economic evaluation of technical means of production. *Economics of agriculture in Russia*. 2019;3:30 – 35. (In Russ.).] DOI 10.32651/193-30.

9. Алтухов А.И. Проблемы социально – экономического развития отечественного АПК требуют активного решения. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2021;6:2-16. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12. [Altukhov A.I. Problems of social and economic development of the domestic agro-industrial complex require an active solution. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2021;6:2-16. (In Russ.).] DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12.

10. Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Размещение аграрного производства как механизм адаптации к климатическим изменениям. *Экономика сельского хозяйства России*. 2018;5:71 – 76. [Siptits S.O., Romanenko I.A., Evdokimova N.E. Placement of agricultural production as a mechanism for adaptation to climate change. *Economics of agriculture in Russia*. 2018;5:71-76. (In Russ.).]

11. Петухова М.С. Прогнозная оценка рынков инновационных технологий для зерновой отрасли России. *АПК: Экономика, Управление*. 2021;4:51-56. DOI: 10.33305/214-51.

- [Petukhova M.S. Forecast assessment of the markets for innovative technologies for the grain industries in Russia. *AIC: Economics, Management*. 2021;4: 51-56. (In Russ.). DOI: 10.33305/214-51.
12. Федоренко В.Ф., Завалина А.А., Милащенко Н.З. (науч.ред). Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. М.: *Росинформагротех*. 2018. 396 с. [Fedorenko V.F., Zavalina A.A., Milashchenko N.Z. (Scientific redactor). Scientific foundations for the production of high-quality wheat grain. M.: *Rosinformagrotech*. 2018. 396 p. (In Russ.).]
13. Губанов С.С. Кризисная динамика: параметры и причины. *Экономика*. 2009;9:7 – 17. [Gubanov S.S. Crisis dynamics: parameters and causes. *Economics*. 2009;9:7 - 17. (In Russ.).]
14. Утенков Г.Л., Рапопорт Э.О. Экономико – математическая модель оценки эффективности зернового производства. *Трансформация экономики: анализ проблем и поиск путей решения*: Материалы Всероссийской (с международ. участием) научно – практической конференции, посвященной 60-летию БТИ АлтГТУ (23 – 25 мая 2019 г.) / Под ред. к.э.н. Н.В. Волковой; Алт. гос. техн. ун-т. Бийск: *Изд-во АлтГТУ*. 2019;V. 1:188 - 191. [Utenkov G.L., Rapoport E.O. Economic and mathematical model for evaluating the efficiency of grain production. Transformation of the economy: problem analysis and search for solutions: Materials of the All-Russian (with international participation) scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of BTI AltSTU (May 23 - 25, 2019). Volkova N.V.Ph.D. (Ed.) Alt. state tech. un-t. Bysk: *AltGTU Publishing House*. 2019; Volume 1:188 - 191. (In Russ.).]
15. Дасковский В., Киселев В. Выход из тупика – разработка и реализации программы инновационной реконструкции предприятий. *Экономист*. 2020;4: 3 -23. [Daskovsky V., Kiselev V. The way out of the impasse - the development and implementation of the program of innovative reconstruction of enterprises. *The Economist*. 2020;4:3-23. (In Russ.).]
16. Потапов А.П. Оценка динамики затрат ресурсов и ресурсоемкости аграрного производства России. *Аграрный научный журнал*. 2018;5:85 – 92, DOI: 10.28983/asj.v0i5.355. [Potapov A.P. Assessment of the dynamics of resource costs and resource intensity of agricultural production in Russia. *Agriarian scientific journal*. 2018;5:85 – 92. (In Russ.).] DOI: 10.28983/asj.v0i5.355.
17. Дасковский В., Киселев В. оценка эффективности производственно - хозяйственной деятельности. *Экономист*. 2017;6:64 – 82. [Daskovsky V., Kiselev V. Evaluation of the effectiveness of production and economic activities. *Economist*. 2017;6:64 - 82. (In Russ.).]
18. Бледных В.В. Введение в теорию проектирования технологических процессов в растениеводстве. *Вестник ЧГАУ*. 1998;Т.23:10 – 14. [Blednych V.V. Introduction to the theory of designing technological processes in crop production. *Bulletin of ChGAU*. 1998;V.23:10 - 14. (In Russ.).]
19. Лачуга Ю. Перспективные технологии и техника. *Агробизнес - Россия*, 2007;5:57- 61. [Lachuga Yu. Perspective technologies and equipment. *Agribusiness - Russia*, 2007;5:57-61. (In Russ.).]
20. Панфилов В.А. Системный комплекс «Аграрно – пищевая технология». *Вестник РАСХН*. 2015;4:6 – 9. [Panfilov V.A. System complex "Agrarian - food technology". *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2015; 4:6 - 9. (In Russ.).]
21. Панфилов В.А. Синергетический подход к проектированию сложных технологий АПК. *Вестник РСХН*. 2021;2:4 -7. DOI:10.30850/vrsn/2021/2/4-7. [Panfilov V.A. Synergistic approach to the design of complex technologies for the agro-industrial complex. *Vestnik RAS*. 2021;2:4-7. (In Russ.).] DOI:10.30850/vrsn/2021/2/4-7.
22. Гатаулин А.М. К методологии системного исследования научных проблем. *Экономика с.-х. России*. 2009;9:64 – 70. [Gataulin A.M. To the methodology of systematic research of scientific problems. *Economics of agricultural Russia*. 2009;9: 64 - 70. (In Russ.).]
23. Арефьев Н.В., Бреусов В.П., Осипов Г.К. Основы формирования природно - аграрных систем. Теория и практика. СПб.: *Изд-во Политехн. ун-та*. 2011. 532 с. [Arefiev N.V., Breusov V.P., Osipov G.K. Fundamentals of the formation of natural - agrarian systems. Theory and practice. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnical university 2011. 532 p. (In Russ.).]
24. Полушкина Т.М. Органическое сельское хозяйство в мире. *АПК: экономика, управление*. 2017;3:81 – 88. [Polushkina T.M. Organic agriculture in the world. *AIC: economics, management*. 2017;3: 81 - 88. (In Russ.).]
25. Якушев В.П. Информационное обеспечение систем

- земледелия и агротехнологий нового поколения//*Документальное наследие и развитие научного земледелия в России*. Сборник научных докладов Всероссийской научно – практической конференции, посвященной 125 – летию организации «Особой экспедиции лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России»/ Каменная степь. 2017 года. Воронеж: *изд – во «Истоки»*. 2017:41 – 46. [Yakushev V.P. Information support of farming systems and agro-technologies of the new generation//*Dokuchaev heritage and the development of scientific farming in Russia*. Collection of scientific reports of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 125th anniversary of the organization "Special Expedition of the Forest Department to test and take into account various methods and techniques of forestry and water management in the steppes of southern Russia" / *Kamennaya steppe*. 2017. Voronezh: publishing house «Origins», 2017: 41 – 46. (In Russ.).]
26. Михайленко И.М. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. СПб.: *Изд-во Политехн. ун-та*. 2017. 252 с. [Mikhailenko I.M. Theoretical foundations and technical implementation of agricultural technology management. St. Petersburg: Publishing House of Politekh. un-ta. 2017. 252 p. (In Russ.).]
27. Матвеев Д.А., Воропаев В.В., Якушев В.В., Блохин С.Ю., Митрофанов Е.П., Петрушин А.Ф. Состояние и перспективы создания новых методов количественной оценки внутрипочвенной изменчивости в точном земледелии. *Агрофизика*. 2020;1:59 – 70. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.01.09. [Matveenko D.A., Voropaev V.V., Yakushev V.V., Blokhin S.Yu., Mitrofanov E.P., Petrushin A.F. State and prospects for the creation of new methods for quantifying intrasoil variability in precision farming. *Agrophysics*. 2020;1: 59 - 70. (In Russ.).] DOI: 10.25695/AGRPH.2020.01.09.
28. Кирюшин В.И. Технологическая модернизация земледелия – неотложная задача. *Экономика сельского хозяйства России*, 2009;2:17- 25. [Kiryushin V.I. Technological modernization of agriculture is an urgent task. *Agricultural Economics of Russia*, 2009;2:17-25. (In Russ.).]
29. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И., Кулагин О.В. Эффективность интенсификации возделывания яровой пшеницы разных сортов в лесостепи Приобья. *Земледелие*. 2015;5:31 – 33. [Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Kudashkin P.I., Kulagin O.V. The effectiveness of the intensification of the cultivation of spring wheat of different varieties in the forest-steppe of the Ob region. *Agriculture*. 2015;5:31 - 33. (In Russ.).]
30. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Возможности повышения эффективности зернового хозяйства России. *Главный агроном*. 2020;7:6-8. [Vlasenko A.N., Vlasenko N.G. Opportunities to improve the efficiency of the grain economy in Russia. *Chief Agronomist*. 2020;7:6-8. (In Russ.).]
31. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы и противоречия. *Главный агроном*. 2007;6:16 - 20. [Kiryushin V.I. Minimization of tillage and contradictions. *Chief Agronomist*. 2007;6:16 - 20. (In Russ.).]
32. Каштанов А.Н., Володин В.М., Гуреев И.И., Черкасов Г.Н., Агаркова М.Г. Концепция формирования гибких агротехнологий в ландшафтном земледелии. *Курск*. 1998. 44 с. [Kashtanov A.N., Volodin V.M., Gureev I.I., Cherkasov G.N., Agarkova M.G. The concept of the formation of flexible agricultural technologies in landscape farming. *Kursk*. 1998. 44 p. (In Russ.).]
33. Рунов В.А., Пильникова Н.В. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт. 2-е изд. исправ. и дополн. СПб.: *АФИ*. 2012. 130 с. [Runov V.A., Piinikova N.V. Fundamentals of precision farming technology. Foreign and domestic experience. 2nd ed. corrected and add. St. Petersburg: *AFI*. 2012. 130 p. (In Russ.).]
34. Ким А.Д., Кирюшин В.И., Лазарев В.И. О формирующей сущности плодородия. *Вестник РАСХН*. 2016;1:7-9. [Kim A.D., Kiryushin V.I., Lazarev V.I. On the formative essence of fertility. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2016;1:7-9. (In Russ.).]
35. Баденко В.Л., Топаж А.Г., Якушев В.В. и др. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(3):437-445. doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.437rus. [Badenko V.L., Topazh A.G., Yakushev V.V. Simulation model of agroecosystem as a tool for theoretical research. *Agricultural biology*. 2017; 52(3):437-445. (In Russ.).] DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.437rus.
36. Глазьев С.Ю. Кризис, антикризисные меры и стратегия инновационного народно-хозяйственного развития в

зеркале теории долгосрочной мегатехнологической динамики. *Российский экономический журнал*. 2008;12:3-9. [Glazyev S.Yu. Crisis, anti-crisis measures and the strategy of innovative national economic development in the mirror of the theory of long-term megatechnological dynamics. *Russian economic journal*. 2008;12:3-9. (In Russ.).]

37. Лачуга Ю.Ф., Кирсанов В.В. Анализ цикличности развития техники и технологий в различных технологических укладах на примере молочного животноводства. *РАСХН*. 2021;2: 54 – 58. DOI: 10.31857/S2500262721020113. [Lachuga Yu.F., Kirsanov V.V. Analysis of the cyclical development of equipment and technologies in various technological modes on the example of dairy farming. *RAAS*. 2021;2: 54 - 58. (In Russ.).] DOI: 10.31857/S2500262721020113.

38. Севернев М.М., Нагорский И.С. Возрождающему селу – интенсивные технологии и машины. *Известия академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*. 2004;2:10 – 14. [Severnev M.M., Nagorsky I.S. Intensive technologies and machines for the reviving village. *Proceedings of the Academy of Sciences of Belarus. Agricultural Sciences Series*. 2004; 2:10 - 14. (In Russ.).]

39. Державин Л.М. Методология проектирования применения удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях при модернизации земледелия. *Агрохимия*. 2013;8:18-29. [Derzhavin L.M. Methodology for designing the use of fertilizers and other means of chemicalization in resource-saving agricultural technologies in the modernization of agriculture. *Agrochemistry*. 2013;8:18-29. (In Russ.).]

40. Попов В.Д., Максимов Д.А., Морозов Ю.Л. Технологическая модернизация – основа инновационного развития АПК северо – западного региона России. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2012;4:19-22. [Popov V.D., Maksimov D.A., Morozov Yu.L. Technological modernization - the basis for the innovative development of the agro-industrial complex of the northwestern region of Russia. *Agricultural machines and technologies*. 2012;4:19-22. (In Russ.).]

41. Алтухов А.И. Развитие производства зерна в стране: мифы и реальность. *Экономика сельского хозяйства России*. 2017;3:31 – 38. [Altukhov A.I. Development of grain production in the country: myths and reality. *Agricultural Economics of Russia*. 2017;3:31 – 38. (In Russ.).]

42. Голубев А.В. Российские и зарубежные модели дифференциации инноваций в сельском хозяйстве. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2020;7:43 – 46. [Golubev A.V. Russian and foreign models of differentiation of innovations in agriculture. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2020;7: 43 - 46. (In Russ.).]

43. Бондина Н.Н., Бондин И.А., Зубкова Т.В. Система показателей оценки экономической эффективности сельскохозяйственного производства. *Международный с.-х. журнал*. 2015;4:24 -26. [Bondina N.N., Bondin I.A., Zubkova T.V. The system of indicators for assessing the economic efficiency of agricultural production. *International agricultural journal*. 2015;4:24-26. (In Russ.).]

44. Fountas S., Carli G., Sorenson C.G., Tsiropoulos Z., Calavaris C., Vatsonidou A., Liakos B., Canavari M., Wiebensoch J., Tisseray B. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computer and Electronics in Agriculture*. 2015; v.115:40 – 50.

45. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия. *Земледелие*. 2019;3: 3 – 7. DOI: 10.2441/3913-2019-10301. [Kiryushin V.I. Actual problems and contradictions in the development of agriculture. *Agriculture*. 2019;3: 3 - 7. (In Russ.).] DOI: 10.2441/3913-2019-10301.

46. Понько В.А. Оценка и прогнозирование агроклиматических ресурсов. СибНИИЗИХ, АНИИСХ, ИВЭП СО РАН. *ИЦ «Эко-прогноз-2»*. Новосибирск. 2021. 100 с. [Ponko V.A. Evaluation and forecasting of agro-climatic resources. *SibSRIACH, ASRIF, IWEP SD RAS. Scientific Center "Ekoprognoz-2"*. Novosibirsk. 2021. 100 p. (In Russ.).]

47. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд-во МСХА. 2000. 473 с. [Kiryushin V.I. Ecologization of agriculture and technological policy. M.: Publishing House of the Moscow Agricultural Academy. 2000. 473 p. (In Russ.).]

48. Панфилов В.А. Систематизация теоретических основ пищевых технологий как необходимое условие их инновационного развития. *Хранение и переработка с.-х. сырья*. 2008;12:21-22. [Panfilov V.A. Systematization of the theoretical foundations of food technologies as a necessary condition for their innovative development. *Storage and processing of agricultural*

products. raw materials. 2008;12:21-22. (In Russ.).]

49. Панфилов В.А. Организация пищевых технологий будущего и фундаментальные изыскания настоящего. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2009;1:8 – 11. [Panfilov V.A. Organization of food technologies of the future and fundamental research of the present. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2009;1: 8 - 11. (In Russ.).]

50. Завражных А.И., Огородников П.И. Биотехнические системы в агропромышленном комплексе. М.: Издательский дом «Университетская книга». 2011. 421 с. [Zavrzhnov A.I. Ogorodnikov P.I. Biotechnical systems in the agro-industrial complex. M.: Publishing house "University book". 2011. 421 p. (In Russ.).]

51. Шпаар Д. (ред). Зерновые культуры. Т.1. (Выращивание, уборка, доработка и использование). М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО». 2008. 336 с. [Shpaar D. (editor). *Grain crops*. V.1. (Cultivation, harvesting, refinement and use) M.: PH "DLV AGROAFFAIR", 2008. 336 p. (In Russ.).]

52. Савич В.И., Седых В.А., Балабин П.Н., Замана С.П., Гукалов В.В. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе. М.: ООО «Плодородие». 2020. 352 с. [Savich V.I., Sedykh V.A., Balabin P.N., Zamana S.P., Gukalov V.V. Innovative technologies in the agro-industrial complex. Moscow: Fertility SLR. 2020. 352 p. (In Russ.).]

53. Утенков Г.Л. К оценке эффективности машинных технологий возделывания зерновых культур. *Фундаментальные исследования*. 2017; 1(12): 229 - 233. [Utenkov G.L. To assess the effectiveness of machine technologies for the cultivation of grain crops. *Fundamental Research*. 2017; 1(12). 229 - 233. (In Russ.).]

54. Губанов С.С. Кризисная динамика: параметры и причины. *Экономика*. 2009; 9:7 – 17. [Gubanov S.S. Crisis dynamics: parameters and causes. *Economics*. 2009; 9:7 - 17. (In Russ.).]

55. Баденко В.Л., Топаж А.Г., Якушев В.В. и др. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(3). 437-445. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.437rus. [Badenko V.L., Topaj A.G., Yakushev V.V. Simulation model of agroecosystem as a tool for theoretical research. *Agricultural biology*. 2017;52(3). 437-445. (In Russ.).] DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.437rus.

56. Утенков Г.Л., Рапопорт Э.О., Власенко А.Н. Синтез агротехнологий для управления продуктивностью агроценозов в Сибири. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021;1:21 - 25. DOI: 10.31857/S2500262721010051. [Utenkov G.L., Rapoport E.O., Vlasenko A.N. Synthesis of agricultural technologies for managing the productivity of agroecosystems in Siberia. *Russian Agricultural Science*. 2021;1:21 - 25. (In Russ.).] DOI: 10.31857/S2500262721010051.

57. Семкин А.Г. Механизм целеполагания в системе управления АПК. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2017;2:16 -17. [Semkin A.G. The mechanism of goal-setting in the management system of the agro-industrial complex. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2017;2:16-17. (In Russ.).]

58. Беляев В.И., Вольнов В.В., Соколова Л.В. Прямой посев зерновых культур в Алтайском крае: совершенствование агротехнологий, системы машин и обоснование рациональных параметров. Барнаул: *Алтайский государственный аграрный университет*. 2020. 168 с. [Belyaev V.I., Volnov V.V., Sokolova L.V. Direct sowing of grain crops in the Altai Territory: improvement of agricultural technologies, machine systems and substantiation of rational parameters. *Barnaul. Altai State Agrarian University*. 2020. 168 p. (In Russ.).]

59. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И., Кулагин О.В. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No – till технологии, в севооборотах. *Достижения науки и техники АПК*. 2019;33(6): 5 – 9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10601. [Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Kudashkin P.I., Kulagin O.V. Environment-forming role of phytosanitary crops cultivated according to No-till technology in crop rotations. *Achievements of Science and Technology AIC*. 2019;33(6): 5 - 9. (In Russ.).] DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10601.

60. Маслов Г.Г., Шишкин М.А. Совершенствование технологий глубокого рыхления почвы. *Известия Великолукской ГСХА*. 2016;4:44 – 48. [Maslov G.G., Shishkin M.A. Improving the technology of deep loosening of the soil. *Proceedings of the Velikolukskaya State Agricultural Academy*. 2016;4: 44 - 48. (In Russ.).]

61. Маслов Г.Г., Юдина Е.М. Концепция нового подхода к механизации возделывания полевых культур. *Таврический вестник аграрной наук*. 2020;1(21): 39-47. DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47. [Maslov G.G., Yudina E.M. The concept of a new approach to the mechanization of the cultivation of field crops. *Tauride Bulletin of Agrarian Sciences*. 2020; 1 (21): 39-47.

(In Russ.)). DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47.

62. Давидсон Е.И. Концепция развития сельхозмашин до 2020 года. *Технологии и средства механизации сельского хозяйства*. СПб.: Сб. науч. трудов СПбГАУ. 2011:С.22. [Davidson E.I. The concept of development of agricultural machinery until 2020. Technologies and means of mechanization of agriculture. St. Petersburg: Sat. scientific. Proceedings of SPbGAU. 2011:22. (In Russ.)].

63. Гуреев И.И. О нормативе затрат на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы. *Достижение науки и техники АПК*. 2018;32(11).75 – 78. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11120. [Gureev I.I. On the cost standard for eliminating the consequences of technogenic soil degradation. Achievements of Science and Technology AIC. 2018;32(11).75 - 78. (In Russ.)]. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11120.

64. Плаксин А.М., Гриценко А.В. Ресурсы растениеводства. Энергетика машинно – тракторных агрегатов: монография. 2 –е изд., перераб. и доп. Челябинск: Южно – Уральский ГАУ. 2015: 307 с. [Plaksin A.M., Gritsenko A.V. crop resources. Energy of machine-tractor units: monograph. 2nd ed., revised. and additional. Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University. 2015: 307 p. (In Russ.)].

65. Утенков, Г. Л., Добролюбов И. П. Моделирование рабочих процессов гибких автоматизированных технологических комплексов почвообработки. Новосибирск: СФНЦА РАН – НГАУ. 2018:204 с. [Utenkov, G. L., Dobrolyubov I. P. Modeling of work processes of flexible automated technological complexes of soil cultivation. Novosibirsk: SFSCABT RAS – NSAU. 2018:204 p. (In Russ.)].

66. Добролюбов И.П., Утенков Г.Л., Утенкова М.Г. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат. Патент РФ. RU №2295216. С1. Бюл. №8. 20.03. 2007. [Dobrolyubov I.P. Utenkov G.L., Utenkova M. G. Combined tillage aggregate. RF patent RU

№2295216. С1. Bulletin №8. 20.03. 2007. (In Russ.)].

67. Utenkov G.L., Dobrolyubov I.P. Improvement of technological processes and improving the quality of tillage in Siberia. *European Journal of Natural History. Agricultural sciences Article*. 2016;4:4-7.

68. Добролюбов И.П., Утенков Г.Л. Устройство для непрерывного определения твердости почвы. Патент РФ RU №2578444 С1. Бюл.№9. 27.03 2016. Device for continuous definition of soil hardness. [Dobrolyubov I.P. Utenkov G.L. Device for continuous definition of soil hardness. RF patent RU №2578444 С1. Bulletin №9. 27.03 2016. (In Russ.)].

69. Конищев А.А. Прошлое и будущее обработки почвы под зерновые культуры. *Аграрный вестник Урала*. 2020;3(194):21 – 27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-21-27. [Konishchev A.A. Past and future soil processing under grain crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 3 (194): 21 - 27. (In Russ.)]. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-194-3-21-27.

70. Окунев Г.А., Кузнецов А.В., Луковцев А.В. Тенденции формирования парка тракторов для сельских товаропроизводителей. *Вестник Курганской ГСХА. 2020. -№4.- С.74 -80*. [Okunev G.A., Kuznetsov A.V., Lukovtsev A.V. Trends in the formation of a tractor fleet for rural producers. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2020;4:74-80. (In Russ.)].

71. Утенков Г.Л., Рапопорт Э.О., Котеев С.В. Методические подходы к совершенствованию затратного механизма возделывания зерновых культур в Сибири. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2021;4:17 – 23. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-4-17-23. [Utenkov G.L., Rapoport E.O., Koteev S.V. Methodological approaches to improving the costly mechanism of growing grain crops in Siberia. Economics of agricultural and processing enterprises. 2021;4:17 - 23. (In Russ.)]. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-4-17-23.

ОБ АВТОРАХ:

Утенков Геннадий Леонидович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук ORCID 0000-0001-9070-4279

Утенкова Татьяна Иннокентьевна, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук ORCID 0000-0002-3843-465

Власенко Анатолий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук ORCID 0000-0002-8910-1304

Котеев Санджи Васильевич, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийского института аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова – филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ ORCID 0000-0002-4444-4266

ABOUT THE AUTHORS:

Utenkov Gennady Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences ORCID 0000-0001-9070-4279

Utenkova Tatiana Innokentyevna, Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences ORCID 0000-0002-3843-4651

Vlasenko Anatoly Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Head of the Scientific Direction of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences ORCID 0000-0002-8910-1304.

Koteev Sandzhi Vasilievich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center VNIIESKh ORCID 0000-0002-4444-4266