

Исследование динамики урожайности зерна в России в контексте научно-технологического развития отрасли растениеводства

М. С. Петухова¹✉

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

✉ E-mail: russian_basket11@mail.ru

Аннотация. В данной статье осуществлена попытка описания закономерностей научно-технологического развития отрасли растениеводства с позиции исследования динамики урожайности как одного из ключевых элементов системы. Однако сложность такой системы, как отрасль растениеводства, обуславливает наличие и других факторов, оказывающих влияние на научно-технологическое развитие, которые будут рассмотрены в следующих исследованиях.

Цель данной работы – изучение закономерностей в динамике показателя урожайности зерна в России и его прогноз.

Методы. Методологической базой исследований выступили элементы системного анализа, такие как сравнительный анализ, графический метод, расчетно-конструктивный метод. Информационную базу составляют статистические сборники и исторические материалы по сельскому хозяйству Российской Империи, РСФСР, СССР, Российской Федерации.

Результаты. В статье исследована динамика показателя урожайности зерна в России с 1892 г. по 2019 г. Гипотезой данного исследования является предположение о том, что урожайность – это один из основных факторов научно-технологического развития отрасли растениеводства. Выявлено, что периоды значительного увеличения урожайности связаны с внедрением в сельскохозяйственное производство новых видов техники, в связи с чем введено понятие «периоды с постоянным уровнем технического развития». Выделено 6 полных периодов и последний – седьмой, который начался в 2013 г. и еще не закончился. Согласно рассчитанным данным, период с постоянным уровнем технического развития, начавшийся в 2013 г., продлится 15 лет, до 2028 г., при этом скорость изменения урожайности составит 0,4 ц/га в год. Выделены особенности динамики урожайности зерна в России (значительное влияние природно-климатического фактора, нелинейность, нестабильность и неустойчивость показателя урожайности, сокращение продолжительности периодов с постоянным уровнем технического развития, возрастающая тенденция скорости изменения урожайности и его резкое увеличение, происходящее после окончания кризисных явлений в экономике страны), выявлена ее периодичность и спрогнозирован следующий период. Продолжительность периода составит 18 лет – до 2046 г. Средняя урожайность по стране в этом году будет на уровне 30,65 ц/га. **Научная новизна** исследования заключается в выявлении закономерностей и построении прогноза урожайности зерна в России, основанных на введении понятий «скорость изменения урожайности» и «периоды с постоянным уровнем технического развития».

Ключевые слова: научно-технологическое развитие, научно-технический прогресс, растениеводство, производства зерна, периодичность, прогноз, урожайность, закономерности развития.

Для цитирования: Петухова М. С. Исследование динамики урожайности зерна в России в контексте научно-технологического развития отрасли растениеводства // Аграрный вестник Урала. 2021. № 01 (204). С. 81–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-81-90.

Дата поступления статьи: 11.08.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Эволюция техники и технологий обуславливает наличие закономерностей, выявление которых дает возможность не только прогнозировать научно-технический прогресс (далее НТП), но и управлять им.

Существование научно-технического прогресса происходит не само по себе, а в качестве составляющей общественного прогресса. НТП занимает промежуточное положение между природой и обществом, что объясняет его подчиненность, с одной стороны, законам природы, с другой – законам развития общества. В то же время закономерности развития природы и общества не являются закономерностями технического развития. Они имеют

собственный характер, являющийся результатом синтеза объективных законов природы и субъективной деятельности человека [1, с. 54], [2].

Научно-технический прогресс в отрасли растениеводства основывается на присущих ей экономических и биологических законах. В связи с этим научно-техническое и научно-технологическое развитие производства продукции растениеводства обладает своими особенностями, вытекающими из специфики возделывания, уборки, хранения, транспортировки и переработки продукции отрасли [3, с. 113].

Научно-технический прогресс в отрасли растениеводства обуславливается постоянно изменяющимися

технологиями возделывания сельскохозяйственных культур, которые, в свою очередь, требуют адаптации к ним используемой техники и перехода к новым системам машин. Сельскохозяйственная техника по сравнению с другими отраслями промышленности подвержена влиянию большего числа факторов, главными из которых являются природно-климатические условия и взаимодействие с живыми организмами. Переход к передовым технологиям растениеводства позволяет не только повысить производительность труда, но и в корне изменить представление о взаимосвязи техники с человеком и культурными растениями [4, с. 15].

Эволюция научно-технологического развития отрасли растениеводства (например, в форме повышения производительности труда) определяется незначительными количественными изменениями в работе сельскохозяйственной техники. Но это происходит только в устойчивом состоянии отрасли. Постепенно возрастающая информационная энтропия приводит к нарастанию неустойчивости в научно-технологическом развитии. Происходит переход количественных изменений в качественные, отражающиеся в инновациях.

НТП является формой проявления научно-технологического развития отрасли, которое происходит в виде последовательной смены технологических укладов, как и в целом в экономике. Однако главная особенность отрасли заключается в несовпадении временных интервалов жизненных циклов с общеэкономическими технологическими укладами. Еще на начальных этапах индустриализации произошло отставание в уровне технологического развития сельского хозяйства от промышленности. Сельское хозяйство характеризуется многоукладностью при преобладании определенного технологического уклада. Причиной этому являются, во-первых, особенности развития сельскохозяйственного производства, а во-вторых – специфика формирования и развития рыночной конъюнктуры в АПК.

Научно-технологическое развитие, как и развитие экономики в целом, – это циклический процесс. Цикличность широко распространена в природе и обществе и представляет собой повторяемость явлений через определенные промежутки времени.

Цель данного исследования – изучение закономерностей в динамике показателя урожайности зерна в России и его прогноз.

Методология и методы исследования (Methods)

Методологической базой исследований выступили элементы системного анализа, такие как сравнительный анализ, графический метод, расчетно-конструктивный метод. Для выявления закономерностей научно-технологического развития зернового производства использовался графический метод и спектральный анализ. Выявление периодов с постоянным уровнем технического развития осуществлялось с помощью анализа исторических материалов. Определение прогнозных данных – с использованием расчетно-конструктивных методов. Информационную базу составляют статистические сборники и исторические материалы по сельскому хозяйству Российской Империи, РСФСР, СССР, Российской Федерации.

Результаты (Results)

Одним из первых выявил цикличность в сельском хозяйстве У. С. Джевонс в 1862 г. Он обнаружил регулярно повторяющиеся периоды повышенной солнечной активности, которые одновременно с этим являются и годами природно-климатических аномалий на планете [5]. Все это приводит к кризису в сельском хозяйстве. У. Х. Бевриджем обнаружено несколько циклов в долгосрочной динамике цен на пшеницу [5]. Х. Л. Мур полагал, что хороший урожай облегчает начало нового периода, увеличивает продолжительность его подъема и, соответственно, сокращает период спада [6, с. 24].

В современных исследованиях довольно популярен экосистемный подход к инновационной деятельности, предложенный Робертом Айресом. Он основывается на аналогии инновационного процесса и природными процессами и явлениями [7]. Основным отличием между ними является то, что в природе эволюционный процесс – это результат случайных мутаций, а в экономике – целенаправленных научных исследований и разработок. Идеи Айреса продолжены совместной работой К. Факуды и К. Ватанабе, которые полагали, что основная цель инновационной экосистемы заключается в установлении стабильности, состоящей из устойчивости, гибкости и функциональной избыточности. Под последним понимается возможность выполнения функционального процесса с заданной скоростью независимо от препятствий [7].

Согласно проведенным исследованиям [8–10], эволюция отрасли растениеводства осуществляется с ее историческим развитием и отражает этапы интенсификации сельскохозяйственного производства. Цикличность сельскохозяйственного производства отличается от цикличности в других отраслях промышленности более длительной продолжительностью и отсутствием тенденции сокращения во времени [11, с. 35].

Как было сказано выше, научно-технологическое развитие отрасли растениеводства в целом и зернового производства в частности имеет свои закономерности, которые выражаются в виде цикличности или периодичности. С помощью методов системного анализа появляется возможность выявления этих закономерностей. Для этого необходимо определиться с факторами, характеризующими систему. В данном исследовании будет рассмотрен один из таких факторов – урожайность зерна. Это своеобразный интегральный показатель, который объединяет в себе информацию об уровне технико-технологического развития отрасли, внесения удобрений, использования средств защиты растений. В связи с этим нами была рассмотрена динамика урожайности зерна в период с 1892 г. по 2019 г. (рис. 1) [12]. Начало исследуемого периода связано с существенным рывком в производстве сельскохозяйственной техники в конце XIX в.

Переход к любой новой технологии возделывания сельхозкультур приводит к росту урожайности, повышению качества продукции растениеводства и, соответственно, к увеличению объемов производства [13], [14, с. 125].

Проведенный анализ показал, что периоды увеличения урожайности зерна связаны с разнообразными достижениями в области сельскохозяйственного машиностроения, которые позволяли увеличивать мощность и производительность машин.

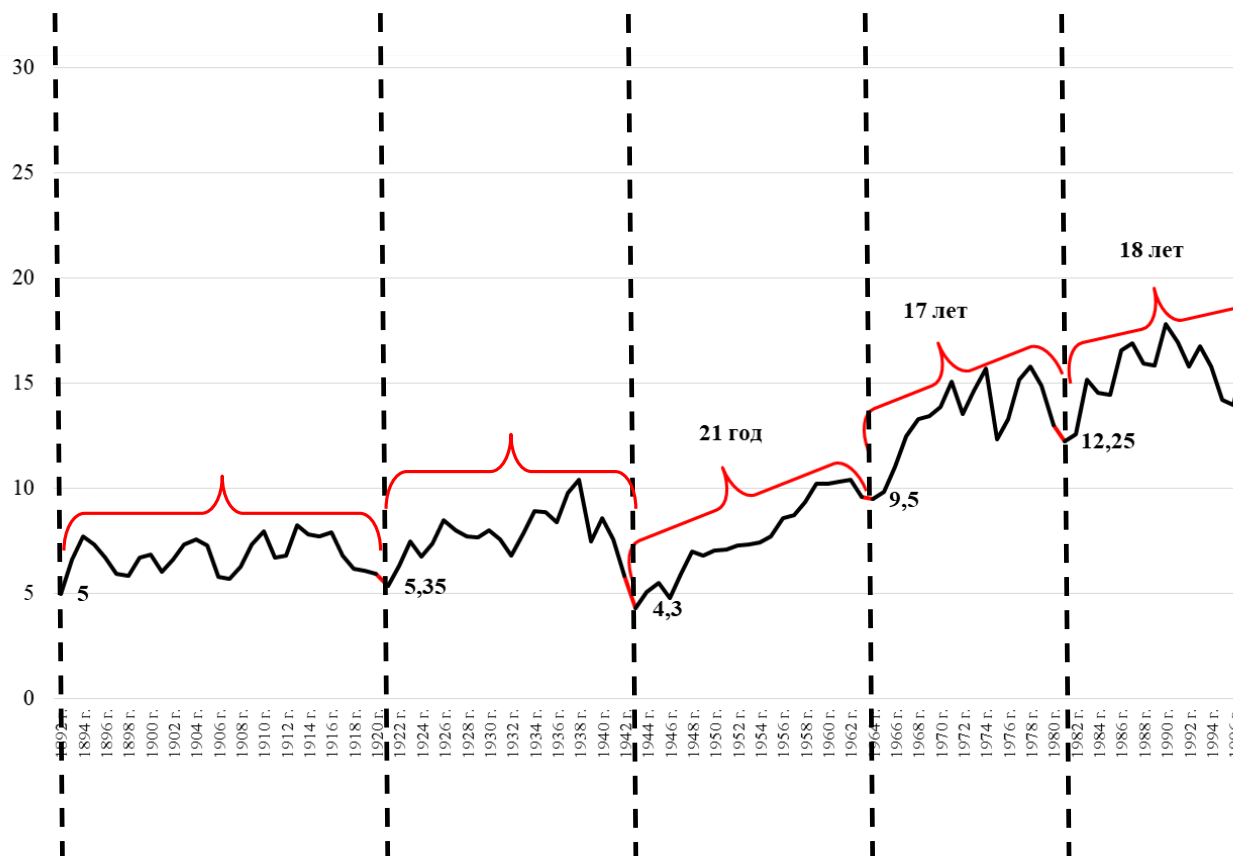


Рис. 1. Периодичность динамики показателя урожайности зерна

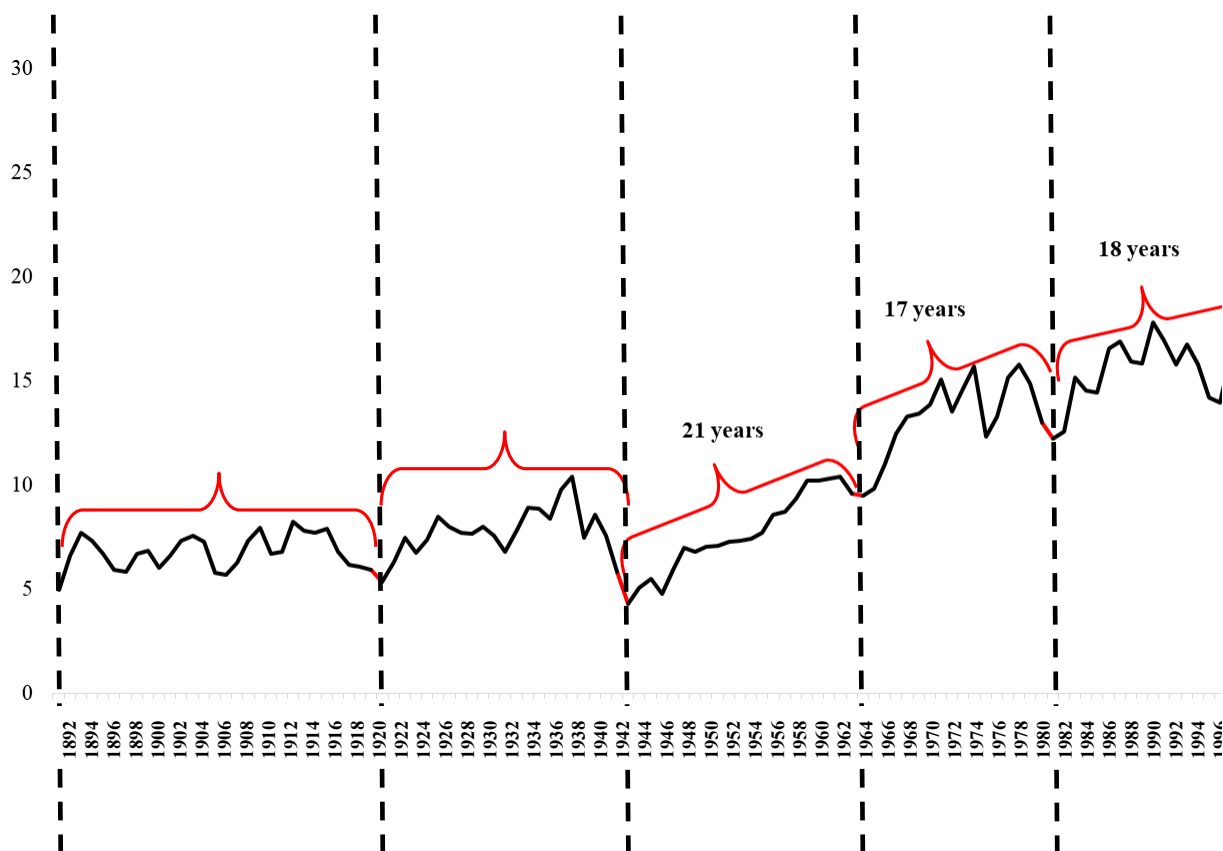


Fig. 1. Frequency of grain yield indicator dynamics

Таблица 1

Краткая характеристика периодов с постоянным уровнем технического развития

№	Временные рамки, года	Средняя урожайность, ц/га	Краткая характеристика
1	1892–1921	6,8	Рывок в производстве сельскохозяйственной техники в основном благодаря проведению выставок-испытаний машин и орудий под Москвой. С 1911 г. начинаются исследования в университетах и агрономических школах, посвященные созданию новой сельскохозяйственной техники. Массово производились сеялки, молотилки с локомобилями, жатки, сенокосилки, конные грабли и прочее оборудование
2	1921–1943	7,7	В 1920 г. В. И. Ленин подписал декрет «О едином тракторном хозяйстве». 1922 г. – старт серийного производства тракторов («Коломенец-1», «Запорожец», гусеничный трактор «Коммунар»). 1930 г. – начало производства комбайнов «Коммунар». Открытие завода «Ростсельмаш». В 1935 г. совхозы убирали комбайнами 97 % посевной площади
3	1943–1964	7,9	Создание более производительных комбайнов серии «Сталинец». «Сталинец-6» мог одновременно срезать, молотить, очищать зерна, а также собирать солому. Появление первого самоходного комбайна «Сталинец-4» мощностью чуть более 50 л. с.
4	1964–1981	13,5	Массовое производство комбайнов «СК-4» и СК-5 «Нива», которые могли работать в различных природно-климатических зонах, а также убирать незерновые культуры. Мощность – до 100 л. с.
5	1981–1999	15,5	Создание комбайнов «Дон-1200», «Дон-1500» и «Енисей 1200» мощностью свыше 100 л. с.
6	1999–2013	19,4	Высокопроизводительные комбайны Acros 530, Vector 410 с увеличенным зерновым бункером. Создание первых блочно-модульных зерноуборочных комплексов
7	2013 – н. в.	25,3*	RSM 1403, TORUM 780, RSM 161 и другие с элементами точного земледелия с использованием геоинформационных систем (ГИС) навигации. Максимальная мощность машин – около 500 л. с. Создание первых беспилотных машин

Примечание. Данные взяты за период 201–2019 гг.

Table 1

Brief description of periods with a constant level of technical development

No.	Time frame, year	Average yield, c/ha	Brief characteristic
1	1892–1921	6.8	The breakthrough in the production of agricultural machinery is mainly due to the holding of exhibitions-tests of machines and tools near Moscow. Since 1911, research in universities and agronomic schools on the creation of new agricultural machinery has been initiated. Seeders, threshing machines with locomobiles, reapers, mowers, horse rakes, and other equipment were mass produced
2	1921–1943	7.7	In 1920, V. I. Lenin signed the decree "On a single tractor farm". 1922 – start of serial production of tractors ("Kolomenets-1", "Zaporozhets", crawler tractor "Kommunar"). 1930 – start of production of combines "Kommunar". The opening of the plant "Rostselmash". In 1935, state farms harvested 97 % of the sown area with combines
3	1943–1964	7.9	To create a more productive harvesters of the series "Stalinets". "Stalinets-6" could simultaneously cut, thresh, clean grain, and collect straw. The appearance of the first self-propelled combine "Stalinets-4", with a capacity of just over 50 HP
4	1964–1981	13.5	Mass production of combines "SK-4" and SK-5 "Niva", which could work in various natural and climatic zones, as well as remove non-grain crops. Power – up to 100 HP
5	1981–1999	15.5	Creation of combines "Don-1200", "Don-1500" and "Enisey 1200" with a capacity of more than 100 HP.
6	1999–2013	19.4	High-performance combines "Acros 530", "Vector 410" with an enlarged grain hopper. Creation of the first block-modular grain harvesting complexes
7	2013 – p. t.	25.3*	"RSM 1403", "TORUM 780", "RSM 161", etc. with elements of precision agriculture using geographic information systems (GIS) navigation. The maximum power of the machines is about 500 HP. Creation of the first unmanned vehicles

Note. Data is taken for the period 2013–2019.

Периодичность научно-технического развития зернового производства нами определялась графическим методом. Выделено 6 полных периодов и последний – седьмой, который начался в 2013 г. и еще не закончился.

Полученные периоды получили название «периоды с постоянным уровнем технического развития», в течение которых в производстве продукции растениеводства преимущественно использовались машины и оборудование, находящиеся на одном и том же уровне технического развития. В таблице 1 представлена краткая характеристика полученных периодов.

Одна из основных характеристик динамики урожайности зерна – это ее скорость, расчет которой нами предложено осуществлять по следующей формуле для каждого из выделенных периодов с постоянным уровнем технического развития:

$$v = \frac{s_k - s_n}{t}$$

где v – средняя скорость изменения урожайности;

s_k – урожайность на конец периода;

s_n – урожайность на начало периода;

t – продолжительность периода.

Средняя скорость может принимать как положительное, так и отрицательное значение. Второй случай означает, что урожайность в конце периода меньше урожайности в начале периода. Отрицательное значение скорости наблюдалось только в 1921–1943 гг., причиной чему стала Великая Отечественная война.

В таблице 2 представлен расчет средней скорости изменения урожайности зерна.

Определение скорости изменения урожайности зерна для каждого из периодов дает возможность прогнозирования длительности настоящего периода с постоянным уровнем технического развития и следующих периодов. Для этого также воспользуемся графическим методом (рис. 2).

Продолжение линейного тренда позволяет прогнозировать величину скорости в следующем периоде с постоянным уровнем технического развития. Графически выявлено, что в период, начавшийся в 2013 г. скорость изменения урожайности, составит 0,4 ц/га в год. Аналогичный прогноз можно построить для определения длительности периодов. Линейная зависимость длительности периодов (y) о величины скорости (x) выражается следующим уравнением:

$$y = -19,4x + 23,1.$$

Подставив значение скорости в полученное уравнение, получим, что длительность настоящего периода с постоянным уровнем технического развития составит 15 лет.

Согласно рассчитанным данным, период с постоянным уровнем технического развития, начавшийся в 2013 г., продлится 15 лет, до 2028 г., при этом скорость составит 0,4 ц/га в год. Значение урожайности зерна в 2028 г. составит 26,15 ц/га.

Также можно спрогнозировать продолжительность периода с 2028 г. Графически можно предположить, что скорость в этот период составит 0,25 ц/га в год. Длительность периода в данном случае составит 18 лет, до 2046 г. Предположительная урожайность зерновых в 2046 г. – 30,65 ц/га.

Таблица 2
Расчет средней скорости изменения урожайности зерна

№ периода	Временные рамки	Урожайность на начало периода, ц/га	Урожайность на конец периода, ц/га	Разность между 4 и 3 столбцом, ц/га	Длительность периода, лет	Скорость, ц/га в год
1	2	3	4	5	6	7
1	1892–1921	5	5,35	0,35	29	0,01
2	1921–1943	5,35	4,3	–1,05	22	–0,05
3	1943–1964	4,3	9,5	5,2	21	0,25
4	1964–1981	9,5	12,25	2,75	17	0,16
5	1981–1999	12,25	13,65	1,4	18	0,08
6	1999–2013	13,65	20,15	6,5	14	0,46
7	2013 – н. в.	20,15	–	–	–	–

Table 2
Calculation of the average rate of change in grain yield

No. of period	Time-frame	Yield at the beginning of the period, c/ha	Yield at the end of the period, c/ha	Difference between column 4 and 3, c/ha	The duration of the period, years	Speed, c/ha per year
1	2	3	4	5	6	7
1	1892–1921	5	5.35	0.35	29	0.01
2	1921–1943	5.35	4.3	–1.05	22	–0.05
3	1943–1964	4.3	9.5	5.2	21	0.25
4	1964–1981	9.5	12.25	2.75	17	0.16
5	1981–1999	12.25	13.65	1.4	18	0.08
6	1999–2013	13.65	20.15	6.5	14	0.46
7	2013 – p. t.	20.15	–	–	–	–

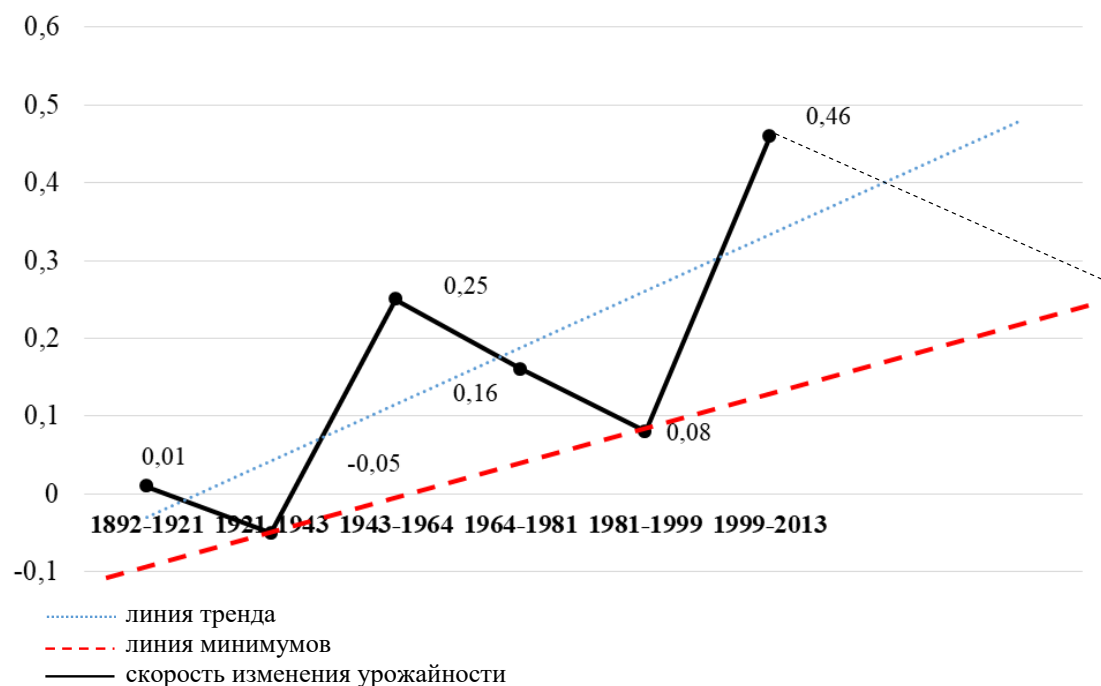


Рис. 2. Динамика показателя средней скорости изменения урожайности зерна

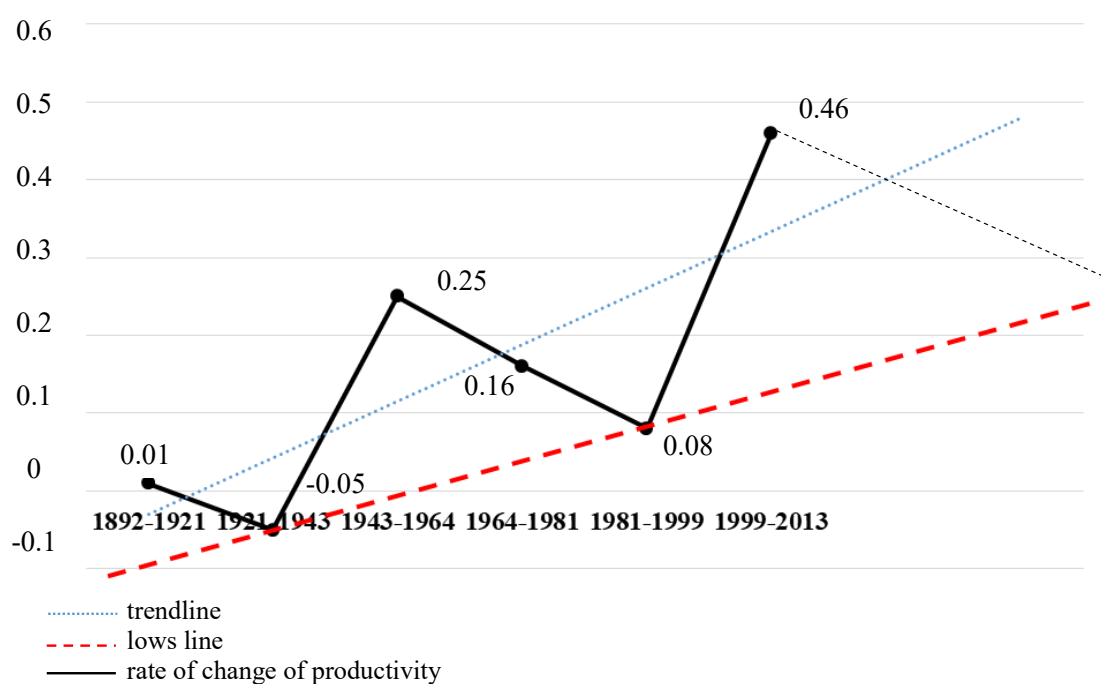


Fig. 2. Dynamics of the average rate of change in grain yield

На основе выдвинутого ранее предположения, проведенного в данной статье анализа и изучения исследований других авторов можно выделить следующие особенности, которые присущи научно-технологическому развитию отрасли растениеводства:

1. Сильное влияние природно-климатических условий. Это сохранится до тех пор, пока сельское хозяйство не будет переведено на промышленный путь развития на основе достижений НТП и цифровой экономики [15, с. 3610], [16].

2. Нелинейность развития научно-технологического развития отрасли, что обуславливает множество направлений развития. Возможны и неожиданные (эмерджентные)

изменения закономерностей процесса научно-технологического развития в момент бифуркации [17].

3. Нестабильность и неустойчивость научно-технологического развития, присущая развивающимся системам, к которым относится отечественное сельское хозяйство. Неустойчивость научно-технологического развития отрасли растениеводства не следует рассматривать как отрицательное качество, т. к. именно неустойчивость – это условие стабильного и динамичного развития отрасли [18, с. 275].

4. Сокращение продолжительности периодов с постоянным уровнем технического развития. Если первый исследованный период продолжался 29 лет, то последний –

14 лет (сокращение более чем в 2 раза). Это объясняется уменьшением времени на разработку, коммерциализацию и внедрение новых техники и технологий в производство продукции растениеводства.

5. Возрастающая тенденция показателя скорости изменения урожайности зерна. Скорость в период 1999–2013 гг. увеличилось по отношению к периоду 1892–1921 гг. в 46 раз. Возрастающий линейный тренд на рис. 2 подтверждает данный факт.

6. Резкое увеличение скорости изменения урожайности зерна происходит после окончания разнообразных кризисных явлений в экономике страны. Например, в 1943–1964 гг., после окончания Великой Отечественной войны, скорость составляла 0,25 ц/га в год, в 1999–2013 гг., после развала СССР и финансовых кризисов, – 0,46 ц/га в год.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В дальнейших исследованиях будет продолжена работа по обоснованию вышеперечисленных особенностей на основе изучения других факторов научно-технологического развития.

Смена периодов с постоянным уровнем технического развития приводит к повышению отдачи от земли – увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Однако такое повышение не может быть бесконечным как при экстенсивном, так и при интенсивном расширении производства. В начале 2000-х гг. возникли первые сигналы о достижении предела научно-технологического развития отрасли (превышение спроса на продовольствие над его предложением) в рамках не только настоящего технологического уклада, но и самой агротехнологии производства продукции растениеводства [5], [19, с. 120]. Отрасль находится на пороге перехода к новой парадигме производства продукции растениеводства, сущность которой заключается в выращивании сельскохозяйственных культур и производстве продуктов питания без использования почвы (гидропоника, аквапоника, аэропоника, клеточная технология, биотехнологии и др.) [9, с. 55]. Синтез этих новейших технологий с традиционным земледелием позволит решить проблему недостатка продовольствия во всем мире. Новая парадигма производства продукции растениеводства приведет к новому историческому этапу в развитии человечества, что требует кардинальных институциональных преобразований.

Для России в настоящее время важной задачей является не упустить момент перехода к новой технологической

парадигме и не отстать безнадежно от развитых стран. То есть необходимо совершить скачок в научно-технологическом развитии отрасли и «перепрыгнуть» промежуточные технологические уклады. Реализация такого прорыва возможна лишь при наличии продуманной стратегии научно-технологического развития отрасли растениеводства [20, с. 70].

Таким образом, научно-технический прогресс является формой проявления научно-технологического развития растениеводства в виде эволюции технических средств для выращивания сельскохозяйственных культур, приводящей к росту их урожайности. НТП обладает рядом закономерностей, обусловленных биологическими и экономическими законами. С помощью этих закономерностей появляется возможность прогнозирования научно-технологического развития растениеводства.

Одним из факторов научно-технологического развития отрасли растениеводства выступает урожайность зерна. Анализ динамики данного показателя в России и СССР с 1892 г. по 2019 г. выявил определенные закономерности – периоды с постоянным уровнем технического развития. С помощью расчета средней скорости изменения урожайности спрогнозировано окончание периода, начавшегося в 2013 г., которое придется на 2028 г., и длительность следующего периода – 18 лет.

К особенностям научно-технологического развития отрасли растениеводства можно отнести значительное влияние природно-климатического фактора, его нелинейность, нестабильность и неустойчивость, присущие развивающимся системам, сокращение продолжительности периодов с постоянным уровнем технического развития, возрастающую тенденцию средней скорости изменения урожайности зерна и резкое ее увеличение, происходящее после окончания разнообразных кризисных явлений в экономике страны.

Таким образом, в данной статье осуществлена попытка обоснования закономерностей в научно-технологическом развитии отрасли растениеводства с использованием одного из ключевых его факторов – урожайности. Однако системный и сложный характер отрасли предполагает наличие и других факторов, которые также необходимо изучить и включить в итоговую модель научно-технологического развития отрасли растениеводства. Это и обуславливает направление будущих исследований автора.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00637.

Библиографический список

1. Никитченко С. Л. Этапы технического прогресса в растениеводстве: учебное пособие. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. 60 с.
2. Tyapkina M. F., Ilina E. A., Mongush J. D. The Effect of Innovative Processes on the Cyclical Nature of Economic Development // EJME – Mathematics education. 2016. Vol. 11. No. 6. Pp. 1519–1527.
3. Malikova Ya. I., Danilina E. I., Reznikova O. S. Part of scientific-technical progress in efficiency of using labor resources (at the example of agrarian sector of economy) // European Journal of Natural History. 2016. No. 3. Pp. 111–114.
4. Комков Н. И. Научно-технологическое развитие: ограничения и возможности // Проблемы прогнозирования. 2017. № 5. С. 11–21.

5. Гайсин Р. С. Предел технологической эволюции сельского хозяйства и возможность его преодоления [Электронный ресурс] // Проблемы современной экономики. 2014. № 4 (52). URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5151> (дата обращения: 23.04.2020).
6. Носонов А. М. Моделирование экономических и инновационных циклов в сельском хозяйстве // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 1 (238). С. 24–27.
7. Butorina O. V., Pazdnikova N. V., Karpovich Yu. V. The study of modern cyclic processes in the economy of the region // *Espacios*. 2018. Vol. 39. P. 14.
8. Петухова М. С. Методические основы стратегического планирования в отрасли растениеводства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (373). С. 37–39.
9. Папцов А. Г., Алтухов А. И., Кашеваров Н. И. [и др.] Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года. Новосибирск: Изд-во НГАУ «Золотой колос», 2019. 100 с.
10. Rudoy E. V., Petukhova M. S., Petrov A. F., Kapustyanchik S. Yu., Ryumkina I. N., Ruymkin S. V. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios [e-resource] // *Data in Brief*. 2020. T. 29. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340919314337> (appeal date: 12.04.2020).
11. Chrysomilides G. S. Technology Cycles in Agricultural Productivity in Canada // *The American Economist*. 1985. Vol. 29. No. 1. Pp. 32–40.
12. Статистика Российской Империи, СССР и Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://istmat.info/statistics> (дата обращения: 12.04.2020).
13. Pivoto D., Waquil P. D., Talamini E, et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil // *Information Processing in Agriculture*. 2018. Vol. 5. Iss. 1. Pp. 21–32.
14. Sundmaeker H., Verdouw C., Wolfert S., Freire L. Pérez. Internet of food and farm 2020 // *Digitizing the industry: internet of things connecting physical, digital and virtual worlds*. 2016. Pp. 129–151.
15. Liao Y., Deschamps F., Loures E. D., Ramos L. F. P. Past, present and future of industry 4.0—a systematic literature review and research agenda proposal // *International Journal of Production Research*. 2017. Vol. 55 (12). Pp. 3609–3629.
16. Maynard A.D. Navigating the fourth industrial revolution // *Nature Nanotechnology*. 2015. Vol. 10 (12). Pp. 1005–1006.
17. Lenski A. V., Dokin B. D., Aletdinova A. Planning of scientific and technological development of agricultural organizations // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 341. Article number 012112.
18. Цыганов В. А. Прогнозирование продукции сельского хозяйства на основе производственной функции ресурсов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции. Минск: БГАТУ, 2016. С. 272–278.
19. Кузнецов В. В., Тарасов А. Н., Гайворонская Н. Ф. [и др.] Стратегическое прогнозирование развития отраслей сельского хозяйства на основе системы норм и нормативов: монография. Ростов-на-Дону: ФГБНУ ВНИИЭиН, Изд-во ООО «АзовПечать», 2016. 144 с.
19. Чеботарев С. С., Голубев С. С. Методологические подходы к эффективной реализации стратегических программ импортозамещения // *Экономические стратегии*. 2017. № 7 (149). С. 68–77.

Об авторах:

Марина Сергеевна Петухова¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0133-2851, AuthorID 768977; +7 923 106-12-80, russian_basket11@mail.ru

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Research of grain yield dynamics in Russia in the context of scientific and technological development of the crop production industry

M. S. Petukhova¹✉

¹ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

✉ E-mail: russian_basket11@mail.ru

Abstract. This article attempts to describe the patterns of scientific and technological development of the crop production industry from the perspective of studying the dynamics of productivity as one of the key elements of the system. However, the complexity of such a system as a crop production industry causes the presence of other factors that affect scientific and technological development, which will be considered in the following studies. **The purpose** of this work is to study the regularities in the dynamics of the grain yield indicator in Russia and its forecast. **Methods.** The methodological basis of the research is the elements of system analysis, such as comparative analysis, graphical method, and computational and constructive method.

The information base consists of statistical collections and historical materials on agriculture of the Russian Empire, the RSFSR, the USSR, and Russia. **Results.** The article examines the dynamics of grain yield in Russia from 1892 to 2019. The Hypothesis of this study is the assumption that yield is one of the main factors of scientific and technological development of the crop production industry. It is revealed that periods of significant increase in productivity are associated with the introduction of new types of equipment into agricultural production. In this connection, the concept of “periods with a constant level of technical development” was introduced. There are 6 full periods and the last one is the seventh, which began in 2013 and has not yet ended. According to the calculated data, the period with a constant level of technical development, which began in 2013, will last 15 years, until 2028, while the rate of change in yield will be 0.4 c/ha per year. The features of dynamics of yield of grain in Russia (a significant influence of natural-climatic factor, nonlinearity, instability and fluctuation of yield, reduction in the duration of periods with a constant level of technological development, the increasing trend of the rate of change of productivity and a sharp increase occurring after the end of the crisis phenomena in the economy) revealed its frequency and the predicted next period. The duration of the period will be 18 years until 2046. The average yield in the country this year will be at the level of 30, 65 c/ha. **The scientific novelty** of the study is to identify patterns and build a forecast of grain yield in Russia, based on the introduction of such concepts as the rate of change in yield and periods with a constant level of technical development.

Keywords: scientific and technological development, scientific and technical progress, crop production, grain production, frequency, forecast, yield, development patterns.

For citation: Petukhova M. S. Issledovaniye dinamiki urozhaynosti zerna v Rossii v kontekste nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rasteniyevodstva [Research of grain yield dynamics in Russia in the context of scientific and technological development of the crop production industry] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 01 (204). Pp. 81–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-204-01-81-90. (In Russian.)

Paper submitted: 11.08.2020.

References

1. Nikitchenko S. L. Etapy tekhnicheskogo progressa v rasteniyevodstve. [Stages of technical progress in crop production]. Zernograd: Azov-Black Sea Engineering Institute of the Don State Agrarian University, 2017. 60 p. (In Russian.)
2. Tyapkina M. F., Ilina E. A., Mongush J. D. The Effect of Innovative Processes on the Cyclical Nature of Economic Development // EJME – Mathematics education. 2016. Vol. 11. No. 6. Pp. 1519–1527.
3. Malikova Ya. I., Danilina E. I., Reznikova O. S. Part of scientific-technical progress in efficiency of using labor resources (at the example of agrarian sector of economy) // European Journal of Natural History. 2016. No. 3. Pp. 111–114.
4. Komkov N.I. Nauchno-tekhnologicheskoe razvitie: ogranicheniya i vozmozhnosti [Scientific and technological development: limitations and opportunities] // Problemy prognozirovaniya. 2017. No. 5. Pp. 11–21. (In Russian.)
5. Gaysin R. S. Predel tekhnologicheskoy evolyutsii sel'skogo khozyaystva i vozmozhnost' ego preodoleniya. [The limit of technological evolution of agriculture and the possibility of overcoming it] [e-resource] // Problems of Modern Economics. 2014. No. 4 (52). URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5151>. (In Russian.)
6. Nosonov A. M. Modelirovanie ekonomicheskikh i innovatsionnykh tsiklov v sel'skom khozyaystve [Modeling of economic and innovation cycles in agriculture] // National Interests: Priorities and Security. 2014. No. 1 (238). Pp. 24–27. (In Russian.)
7. Butorina O. V., Pazdnikova N. V., Karpovich Yu. V. The study of modern cyclic processes in the economy of the region // Espacios. 2018. Vol. 39. P. 14.
8. Petukhova M. S. Metodicheskie osnovy strategicheskogo planirovaniya v otrasli rasteniyevodstva [Methodological foundations of strategic planning in the field of crop production] // International Agricultural Journal. 2020. No. 1 (373). Pp. 37–39. (In Russian.)
9. Paptsov A. G., Altukhov A. I., Kashevarov N. I., et al. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otrasli rasteniyevodstva, vklyuchaya semenovodstvo i organicheskoe zemledelie Rossii, v period do 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of the crop industry, including seed and organic farming in Russia, in the period up to 2030]. Novosibirsk: “Zolotoy Kolos”, 2019. 100 p. (In Russian.)
10. Rudoy E. V., Petukhova M. S., Petrov A. F., Kapustyanchik S. Yu., Ryumkina I. N., Ryumkin S. V. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios [e-resource] // Data in Brief. 2020. T. 29. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340919314337> (appeal date: 12.04.2020).
11. Chrysomilides G. S. Technology Cycles in Agricultural Productivity in Canada // The American Economist. 1985. Vol. 29. No. 1. Pp. 32–40.
12. Statistika Rossiyskoy Imperii, SSSR i Rossiyskoy Federatsii [Statistics of the Russian Empire, the USSR and the Russian Federation] [e-resource]. URL: <http://istmat.info/statistics>. (In Russian.)
13. Pivoto D., Waquil P. D., Talamini E, et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil // Information Processing in Agriculture. 2018. Vol. 5. Iss. 1. Pp. 21–32.
14. Sundmaeker H., Verdouw C., Wolfert S., Freire L. Pérez. Internet of food and farm 2020 // Digitizing the industry: internet of things connecting physical, digital and virtual worlds. 2016. Pp. 129–151.

15. Liao Y., Deschamps F., Loures E. D., Ramos L. F. P. Past, present and future of industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal // International Journal of Production Research. 2017. Vol. 55 (12). Pp. 3609–3629.
16. Maynard A.D. Navigating the fourth industrial revolution // Nature Nanotechnology. 2015. Vol. 10 (12). Pp. 1005–1006.
- Lenski A. V., Dokin B. D., Aletdinova A. Planning of scientific and technological development of agricultural organizations // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341. Article number 012112.
17. Tsyganov V. A. Prognozirovaniye produktov sel'skogo khozyaystva na osnove proizvodstvennoy funktsii resursov [Forecasting of agricultural products based on the production function of resources] // Formirovaniye organizatsionno-ekonomicheskikh usloviy effektivnogo funktsionirovaniya APK: sbornik nauchnykh statey 8-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk: BGATU, 2016. Pp. 272–278. (In Russian.)
18. Kuznetsov V. V., Tarasov A. N., Gayvoronskaya N.F. etc. Strategicheskoye prognozirovaniye razvitiya otrasley sel'skogo khozyaystva na osnove sistemy norm i normativov: monografiya [Strategic forecasting of the development of agricultural sectors based on the system of norms and standards: monograph]. Rostov on Don: GNU VNIIAEN, Publishing house "AzovPechat", 2016. 144 p. (In Russian.)
19. Chebotarev S. S., Golubev S. S. Metodologicheskiye podkhody k effektivnoy realizatsii strategicheskikh programm importozameshcheniya [Methodological approaches to effective implementation of strategic import substitution programs] // ECONOMIC STRATEGIES. 2017. No. 7 (149). Pp. 68–77. (In Russian.)

Authors' information:

Marina S. Petukhova¹, candidate of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-0133-2851, AuthorID 768977; +7 923 106-12-80, russian_basket11@mail.ru

¹ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia