

**ПРОГНОЗНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ХМЕЛЯ
В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ****М. Л. Толстова, А. Е. Корнилова**

Реферат. Возможность достижения показателей валового сбора в 3300 тонн хмеля с площади 2000 га к 2033-2034 годам в Чувашской республике является одним из актуальных вопросов развития отрасли в регионе. Анализ ключевых показателей за 1980-2023 годы: как плодоносящая площадь хмельников, так и валовой сбор, сокращались от максимума, который пришелся на 1980-е годы до минимума в 2017-2018 годы; при этом урожайность варьировалась от 3,9 до 18,5 ц/га, в последние 5 лет урожайность находится на уровне 14,6-18,5 ц/га. Методом регрессионного анализа с применением метода наименьших квадратов была построена прогнозная модель. Точность модели по R²-критерию равна 0,91-0,98. Полученные результаты показали, что для достижения целевых показателей необходим ежегодный прирост валового сбора на 25-43% и увеличение плодоносящих площадей на 27-40% по сравнению с предыдущим годом. Согласно разработанной модели, ежегодный валовой сбор должен увеличиваться в 1,2-1,4 раза по сравнению с предыдущим годом. Для обработки 2000 га потребуется создание парка специализированной техники, включающего 28 хмелеуборочных комбайнов, 36 сушилок, 40 машин для посадки и 80 обрезчиков корневищ. Также необходима инфраструктура для производства и паспортизации сотен миллионов саженцев хмеля в год. Трудовые ресурсы должны быть увеличены более чем на 1000 квалифицированных специалистов (агрономов, механизаторов, рабочих) при трудоемкости обработки 1 га плодоносящей площади 0,5 чел/га, что составляет около 10% от текущей занятости в сфере сельского хозяйства Чувашской Республики. Таким образом, исследование демонстрирует, что достижение целевых показателей возможно при условии планомерного ежегодного наращивания производительных сил и интенсивной государственной поддержки отрасли.

Ключевые слова: хмелеводство, интенсификация, селекция, государственная поддержка, технологический суверенитет, Чувашская Республика, производительные силы.

Введение. Хмелеводство – перспективная отрасль сельского хозяйства, особенно в регионах с благоприятными агроклиматическими условиями. Чувашская Республика обладает значительным потенциалом для развития хмелеводства, однако достижение целевых показателей (3300 т урожая с 2000 га) [1] требует научно обоснованного подхода к прогнозированию производительных сил. Производительные силы можно условно разделить на три категории [2]. Так для обеспечения заявленных показателей особенно в части урожайности и валового сбора следует обеспечить высокий уровень механизации и автоматизации производства, равно как и повышения чистосортности и качества посадочного материала. Увеличение производительности труда возможна при использовании более совершенных орудий труда вместо ручных трудоемких операций [3] и одновременном повышении уровня квалификации и численности персонала. Первая из указанных категорий с учетом необходимости импортозамещения машин и орудий труда отечественными образцами в условиях растущего санкционного давления и ограниченности ресурсов делает важным технологический суверенитет по используемым в производстве машинам и оборудованию, их ремонтпригодность, а также качество их изготовления [4]. В условиях ограниченности ресурсов производства последнее замечание становится особенно актуальным. Вторая категория, связанная с повышением чистосортности и выживаемости посадочного материала связана как с качеством подготовки саженцев, так и с правильно выполненными агротехнологическими процедурами [5, 6, 7]. Здесь с одной стороны важно наличие центров паспортизации хмеля и лабораторий, позволяющих эффективно, качественно и в сжатые сроки в сезон посадки проводить идентификацию посадочного

материала, выдавая на него паспорта качества, а с другой стороны важно наличие специалистов агрономов, владеющих технологией выращивания хмеля. Продолжая тему кадрового обеспечения, следует отметить, что третья категория затрагивает не только агрономов, но и специалистов по эксплуатации и ремонту машин и оборудования, проведения сезонных работ, технологов уборки и переработки сырья, а также его правильной транспортировки, хранения и использования [8, 9]. Для достижения намеченных целевых показателей полезно оценить объемы производства машин и оборудования, культивирования посадочного материала, а также подготовки кадров для отрасли хмелеводства. Все указанные показатели рассмотрим в привязке к модели постепенного роста возделываемых и плодоносящих площадей, а также увеличения объемов валового сбора хмеля в динамике 10 лет на примере Чувашской Республики. Если обратиться к историческим данным в годы пиковой производительности хмеля, Чувашия в 80-е годы XX века производила ежегодно около 3800 т, что составляло около 80% всего используемого в СССР хмеля. В этот период использовалось 84 хмелеуборочных машин, 35 хмелесушилок, 90 машин для посадки хмеля, 260 обрезчиков главных корневищ. Общая площадь хмельников составляла 3900 га, а возделыванием хмеля занимались 105 хозяйств. Подготовка кадров для отрасли хмелеводства велась более чем в 10 в учебных пунктах при хмелеводческих хозяйствах [10]. Большая часть из использовавшихся машин и орудий при возделывании хмеля в 80-х годах в Чувашии были закуплены в Чехословакии. В то время как в настоящее время планируется использовать полностью отечественные решения на всех этапах возделывания хмеля.

Следует отметить, что планируемые на

2033-2034 года показатели закладывают большую урожайность хмеля по сравнению с урожайностью в 80-е годы XX века, что накладывает большие требования на качество всех проводимых операций и конечную продукцию достижимые благодаря применению современных методов производства и паспортизации посадочного материала и контроля физико-химических показателей готовой продукции. Целью настоящей работы является трехсторонний анализ производительных сил для достижения целевых показателей по выращиванию хмеля в Чувашской Республике на ближайшие 10 лет.

Условия, материалы и методы. Данные по таким показателям как валовой сбор хмеля, площадь насаждений хмеля и плодоносящей площади хмельников для Чувашской республики были получены из архивов Росстата [11] за период с 1980 по 2023 год. На данных по валовому сбору хмеля, а также площади насаждений и плодоносящей площади хмельников методом регрессионного анализа была построена прогнозная модель. Для аппроксимации данных использовался метод наименьших квадратов [12]. В качестве метрик качества модели были выбраны коэффициент детерминации

R2 [13] и среднеквадратичная ошибка. Подбор коэффициентов для моделей проводился методом обобщенного понижающего градиента. Исходные данные использовались для проверки правильности работы модели. Полученная модель верифицировалась также исходя из тенденций в отрасли хмелеводства и экспертных оценок в перспективном направлении, а также на восстановленных данных в ретроспективном направлении с использованием тех же метрик качества модели. Расчеты проводились с использованием MS Excel 2021, а также Python 3.10 и применением библиотек pandas 2.2.3, numpy 2.3, scikitlearn 1.6.1.

Результаты и обсуждение. Представленный ниже анализ проведен на основе официальных данных статистики выращивания и сбора хмеля в Российской Федерации по Чувашской Республике (табл. 1) [11]. Как видно из данных таблицы, как плодоносящая площадь хмельников, так и валовой сбор, сокращались от максимума, который пришелся на 1980-е годы до минимума в 2017-2018 годы. При этом урожайность варьировалась от 3,9 до 18,5 ц/га, в последние 5 лет урожайность находится на уровне 14,6-18,5 ц/га.

Таблица 1 – Статистические данные по выращиванию и сбору хмеля в Чувашской Республике с 1980 по 2023 год

Годы	Валовой сбор, ц	Плодоносящая площадь, га	Урожайность ц/га
1980	12590	2362	5,3
1981	16640	2523	6,6
1982	19250	2625	7,3
1983	25247	2731	9,2
1984	24620	2577	9,6
1985	24620	2549	9,7
1986	21869	2640	8,3
1987	17744	2556	6,9
1988	22872	2477	9,2
1989	34474	2394	14,4
1990	25735	2361	10,9
1991	19563	2357	8,3
1992	23416	2631	8,9
1993	28724	2414	11,9
1994	11502	2212	5,2
1995	15925	2152	7,4
1996	12090	1950	6,2
1997	6135	1350	4,5
1998	4207	1088	3,9
1999	6492	1113	5,8
2000	5100	893	5,7
2001	3144	716	4,4
2002	3193	650	4,9
2003	2929	536	5,5
2004	2417	400	6
2005	2966,1	684,4	4,3
2006	2699,9	456,3	5,9
2007	2032,5	380,2	5,3
2008	2133,7	380,2	5,6
2009	2150,7	304,2	7,0
2010	144,8	152,1	0,9
2011	1924,8	228,1	8,4
2012	1796,0	228,1	7,8
2013	1550,2	228,1	6,7
2014	1310,5	228,1	5,7
2015	1661,9	76,0	21,8
2016	1200,0	76,0	15,7
2017	1571	100	16,6
2018	1292	100	13
2019	1825	120	17,1
2020	1881	130	18,5
2021	1844	120	15,8
2022	2115,97	134,26	16,4
2023	1889,46	132,38	14,7

В результате обработки данных нами построена модельная функция (1) аппроксимирующая текущие статистические данные (табл. 1)

и ведущая к целевым значениям в 33000 ц валового сбора хмеля (рис. 1) с 2000 га (рис. 2).

$$g(t)=a \cdot t^7+b \cdot t^6+c \cdot t^5+d \cdot t^4+e \cdot t^3+f \cdot t^2+h \cdot t^1+k \quad (1)$$

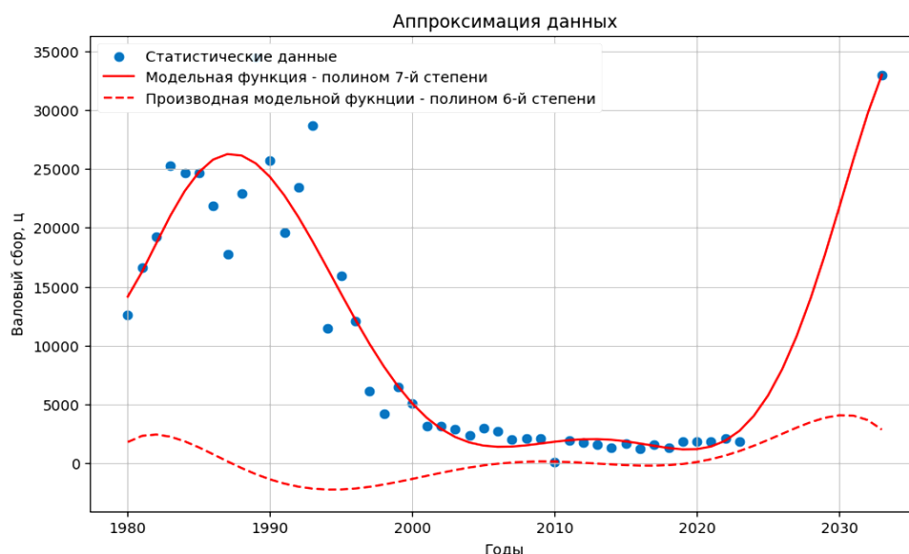


Рис. 1 – Аппроксимация данных валового сбора хмеля на ближайшие 10 лет, полученные по данным прошлых лет, с учетом прогнозных значений согласно модельной функции

Коэффициенты модельной функции найдены методом наименьших квадратов, а рассчитанный R2-критерий равен 0,91. По полученной модельной функции найдена производная модельной функции, которая показывает скорость прироста валового сбора хмеля ц/год. В период времени с 2025 по 2033 год скорость роста должна быть не менее 1488 ц/год и увеличиваться на 25-30% в год, особенно в первые годы, чтобы валовой сбор хмеля к 2033-2034 годам достиг целевых показателей. При этом ежегодный прирост валового сбора хмеля относительно предыдущего года будет составлять до 43% ежегодно в зависимости от года, то есть ежегодно валовой сбор должен увеличиваться в 1,2-1,4 раза по сравнению с предыдущим годом. Для роста валового сбора хмеля необходимо

увеличение плодоносящих площадей. Следует отметить, что поскольку хмель – многолетнее растение, вывод хмельника на «продуктовую шишку» происходит за три года. В связи с этим общие площади хмельников больше, чем плодоносящая площадь, с которой собирают основной урожай хмеля. Таким образом по данным архивов Росстата (табл. 1) была построена модель по динамике плодоносящих площадей, математический вид модели аналогичен формуле (1). График поведения функции плодоносящей площади насаждений хмеля в зависимости от времени приведен на рисунке 2, который так же содержит исходные статистические данные, производную от модельной функции и аппроксимацию модельной функции и ее производной на следующие 10 лет.

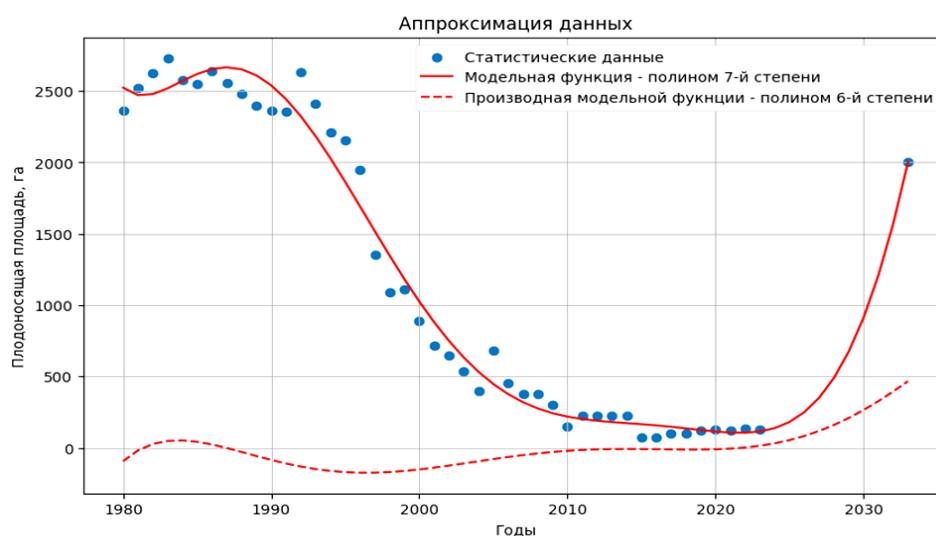


Рис. 2 – Аппроксимация данных плодоносящей площади насаждений хмеля на ближайшие 10 лет, полученные по данным прошлых лет, с учетом прогнозных значений согласно модельной функции

Коэффициенты модельной функции найдены методом наименьших квадратов, а рассчитанный R2-критерий равен 0,98. Ежегодный прирост площади хмельников должен составлять 27-40% по сравнению с предыдущим годом. Таким образом, ежегодное увеличение плодоносящей площади относительно предыдущего года должно происходить в 1,3-1,4 раза.

При этом скорость роста плодоносящей площади должна увеличиваться не менее чем на 20% в год, а в первые несколько лет темп прироста должен составлять от 50 до 70% в год.

Для обеспечения указанных темпов роста плодоносящей площади и валового сбора необходимо увеличивать производительные силы: в первую очередь – число орудий труда, число работников хмелеводческих хозяйств и объемы посадочных материалов.

Закладка одного гектара хмельника требует привлечения трудовых ресурсов в составе одного тракториста и до двух рабочих. Технологический процесс включает механизированную установку шпалер и посадку хмеля. Норма высадки саженцев составляет от 3300 до 4500 единиц на гектар. Для обеспечения посадочным материалом необходимого объема и качества требуется создание инфраструктуры, включающей:

1. Лабораторию микроклонального размножения и паспортизации хмеля для производства сертифицированных саженцев.

2. Тепличный комплекс для доращивания саженцев. Штатная численность персонала для обслуживания одной такой лаборатории составляет 15 человек.

3. Возделывание и уборка урожая. Трудоемкость процессов возделывания и уборки варьируется:

- пиковая нагрузка на этапе возделывания: 1 тракторист и 4 рабочих на 1 га.

- этап уборки: 1 тракторист и 18 рабочих на 1 га.

Технологическая цепочка уборки требует применения специализированной сельскохозяйственной техники: хмелеуборочный комбайн, машины-обрезчики главных корневищ, хмелесушилки.

4. Производительность специализированной техники. Эксплуатация механизированных средств позволяет существенно повысить производительность труда:

- хмелеуборочный комбайн (модель MX-500 «Аван») – производительность: 500-1000 лоз/час; объем убранных сырья: 290,1-580,2 кг/час;

- ручная уборка (для сравнения): ~ 1,88 кг/час;

- хмелесушилки (передовые модели): производительность до 750 кг/час;

- машина для посадки хмеля: 2-3 га/час;

- машины-обрезчики главных корневищ: 1-2 га/час.

5. Производственные мощности и расчет потребности в технике. Одно специализированное машиностроительное предприятие способно обеспечить годовое производство от 5 до 10 единиц техники (комбайнов и сушилок).

На основании указанной производительности техники был проведен расчет потребности для обработки массива в 2000 га плодоносящих насаждений:

- машины для посадки хмеля – 40 ед.;

- обрезчики главных корневищ – 80 ед.;

- хмелеуборочные комбайны – 28 ед.;

- хмелесушилки – 36 ед.

С учетом ограниченных мощностей производства техники и целевых значений по годам (рис. 1, 2) обеспечить отрасль всем необходимым оборудованием удастся за 3-6 лет в зависимости от вида оборудования.

Для подготовки и привлечения в отрасль необходимого числа специалистов в каждое предприятие, занятое выращиванием хмеля с учетом задела по подготовке кадров на базе аграрных техникумов и ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ удастся за 4-5 лет при интенсификации подготовки.

Выводы. Таким образом, на основе анализа ретроспективного анализа производства хмеля в Чувашской Республике, было показано, что целевые показатели по производству 3300 т хмеля на 2000 га плодоносящей площади к 2033 году возможны при планомерном росте производства в 1,4 раза ежегодно по сравнению с объемами каждого предыдущего года. При этом производство потребует поэтапного привлечения более 1000 человек (при трудоемкости обработки 1 га плодоносящей площади 0,5 чел/га), что составляет около 10% от текущей занятости в сфере сельского хозяйства Чувашской Республики. Также для развития отрасли хмелеводства необходимо увеличение парка специализированной техники до 40 машин для посадки хмеля, 80 обрезчиков главных корневищ, 28 хмелеуборочных комбайнов и 36 хмелесушилок. Кроме того, потребуются специальные лаборатории по размножению и культивированию саженцев хмеля и их паспортизации с объемом производства до сотен миллионов штук в год.

Сведения о финансировании. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-20500, <https://rscf.ru/project/24-28-20500/>

Литература

1. Олег Николаев: «Эффективность, ответственность и результат» // Ведомости. 2025. <https://www.vedomosti.ru/strana/privolzhsky/characters/2025/06/16/1117124-oleg-nikolaev?ysclid=mgz6jpauw7785116937>.
2. The Organization and Economics of Hop Production // Developments in Crop Science, Elsevier. 1991. P. 255–264. doi: 10.1016/b978-0-444-98770-9.50008-4.
3. Ruggeri R. et al. Development of hop cultivation in new growing areas: The state of the art and the way forward // European Journal of Agronomy. 2024. Vol. 161. P. 127335. doi: 10.1016/j.eja.2024.127335
4. Машинные технологии для возделывания хмеля / Ю. П. Дмитриев, В. И. Медведев, А. П. Акимов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2(49). С. 86-92. doi: 10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573.
5. Leles N.R. et al. Analysis of the Vegetative Growth Development and Phenology of Hop Cultivars Grown in

the Subtropics Under a Two-Crop-a-Year System // *Horticulturae*. 2025. Vol. 11, № 5. P. 498. doi: 10.3390/horticulturae11050498

6. Dementiev D. et al. Technology of cultivation of Civil hops in Chuvashia // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. Vol. 839, № 2. P. 022033. doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022033

7. Marceddu R., Carrubba A., Sarno M. Cultivation trials of hop (*Humulus lupulus* L.) in semi-arid environments // *Heliyon*. 2020. Vol. 6, № 10. P. e05114. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05114

8. Šrédli K. et al. Hop production in the Czech Republic and its international aspects // *Heliyon*. 2020. Vol. 6, № 7. P. e04371. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04371

9. Assirelli A., Carbone K., Ciccoritti R. Mechanical Hop-Picking Solutions in Italian Cultivated Areas // *Sustainability*. 2020. Vol. 12, № 12. P. 5006. doi: 10.3390/su12125006

10. Садовникова Н.И. Аграрный сектор экономики Чувашской АССР во второй половине 60-х - первой половине 80-х гг. XX века: исторический опыт подготовки специалистов: диссертация кандидата исторических наук. Чебоксары: Чувашский государственный университет им. Н.И. Ульянова, 2007. 233 с.

11. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Главный межрегиональный центр. 2025.

12. Aldrich J. Doing Least Squares: Perspectives from Gauss and Yule // *Int Statistical Rev.* 1998. Vol. 66, № 1. P. 61-81. doi: 10.1111/j.1751-5823.1998.tb00406.x

13. Shieh G. Improved Shrinkage Estimation of Squared Multiple Correlation Coefficient and Squared Cross-Validity Coefficient // *Organizational Research Methods*. 2008. Vol. 11, № 2. P. 387-407. doi: 10.1177/1094428106292901

Сведения об авторах:

Толстова Мария Леонидовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой финансового права, e-mail: maryaleon@yandex.ru

Корнилова Александра Евгеньевна – старший преподаватель кафедры гражданско-правовых дисциплин, e-mail: kornilova_aleksandra@bk.ru

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, Россия.

FORECAST ANALYSIS OF PRODUCTIVE CAPACITY IN HOP CULTIVATION IN THE CHUVASH REPUBLIC

M. L. Tolstova, A. E. Kornilova

Abstract. The feasibility of achieving a gross hop yield of 3.300 tons from an area of 2.000 hectares by 2033-2034 in the Chuvashia Republic is a pressing issue for the industry's development in the region. Analysis of key indicators for 1980-2023 years: both the hop-bearing area and the gross yield declined from a peak in the 1980s to a minimum in 2017-2018; yields ranged from 3.9 to 18.5 centners per hectare; in the last five years yields have remained at 14.6-18.5 centners per hectare. A predictive model was developed using ordinary least squares regression analysis. The model's accuracy, based on the R²-criterion, was 0.91-0.98. The results showed that achieving target indicators requires an annual increase in gross harvest of 25-43% and an increase in fruiting area of 27-40% compared to the previous year. According to the developed model, the annual gross harvest should increase by 1.2-1.4 times compared to the previous year. Processing 2.000 hectares will require a fleet of specialized equipment, including 28 hop harvesters, 36 dryers, 40 planting machines and 80 rootstock trimmers. Infrastructure is also needed to produce and certify hundreds of millions of hop seedlings annually. The labor force must be increased by more than 1.000 qualified specialists (agronomists, machine operators, workers), with a labor intensity of 0.5 people per hectare of fertile land, which represents approximately 10% of current employment in agriculture in the Chuvash Republic. Thus, the study demonstrates that achieving the target indicators is possible with a systematic annual expansion of productive capacity and intensive government support for the industry.

Key words: hop growing, intensification, breeding, state support, technological sovereignty, the Chuvash Republic, productive capacity.

References

1. [Oleg Nikolaev: "Efficiency, responsibility, and results"]. *Vedomosti*. 2025; <https://www.vedomosti.ru/strana/privolzhsky/characters/2025/06/16/1117124-oleg-nikolaev?ysclid=mgz6jpauw7785116937>.

2. The organization and economics of hop production. Developments in crop science, Elsevier. 1991; 255-264 p. doi: 10.1016/b978-0-444-98770-9.50008-4.

3. Ruggeri R. Development of hop cultivation in new growing areas: the state of the art and the way forward. *European Journal of Agronomy*. 2024; Vol.161. 127335 p. doi: 10.1016/j.eja.2024.127335

4. Dmitriev YuP, Medvedev VI, Akimov AP. [Machine technologies for hop cultivation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; Vol.13. 2(49). 86-92 p. doi: 10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573.

5. Leles NR. Analysis of the vegetative growth development and phenology of hop cultivars grown in the subtropics under a two-crop-a-year system. *Horticulturae*. 2025; Vol.11. 5. 498 p. doi: 10.3390/horticulturae11050498

6. Dementiev D. Technology of cultivation of civil hops in Chuvashia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021; Vol.839. 2. 022033 p. doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022033

7. Marceddu R, Carrubba A, Sarno M. Cultivation trials of hop (*Humulus lupulus* L.) in semi-arid environments. *Heliyon*. 2020; Vol.6. 10. e05114 p. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05114

8. Šrédli K. Hop production in the Czech Republic and its international aspects. *Heliyon*. 2020; Vol.6. 7. e04371 p. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04371

9. Assirelli A, Carbone K, Ciccoritti R. Mechanical hop-picking solutions in Italian cultivated areas. *Sustainability*. 2020; Vol.12. 12. 5006 p. doi: 10.3390/su12125006

10. Sadovnikova NI. [Agricultural sector of the economy of the Chuvash ASSR in the second half of the 1960s - first half of the 1980s: historical experience in training specialists]. *Dissertatsiya kandidata istoricheskikh nauk. Cheboksary: Chuvashskiy gosudarstvennyy universitet im. N.I.Ulyanova*. 2007; 233 p.

11. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki (Rosstat). [Federal State Statistics Service (Rosstat)]. *Glavnyy mezhregionallyy tsentr*. 2025.

12. Aldrich J. Doing least squares: perspectives from gauss and yule. *Int Statistical Rev.* 1998; Vol.66. 1. 61-81 p. doi: 10.1111/j.1751-5823.1998.tb00406.x

13. Shieh G. Improved shrinkage estimation of squared multiple correlation coefficient and squared cross-validity coefficient. *Organizational Research Methods*. 2008; Vol.11. 2. 387-407 p. doi: 10.1177/1094428106292901

Authors:

Tolstova Mariya Leonidovna – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor, Head of Financial Law Department, e-mail: maryaleon@yandex.ru

Kornilova Aleksandra Evgenyevna – senior lecturer of Department of Civil Law Disciplines, e-mail: kornilova_aleksandra@bk.ru

Chuvash State University named after I.N. Ulyanova, Cheboksary, Russia.