

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.53:631.4(571.150)

В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев,
Е.Г. Ещенко, С.И. Ещенко
V.L. Tatarintsev, L.M. Tatarintsev,
Ye.G. Yeshchenko, S.I. Yeshchenko

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

AGROECOLOGICAL MODEL OF EFFECTIVE FERTILITY OF CHESTNUT SOILS

Ключевые слова: эффективное плодородие, каштановые почвы, урожайность пшеницы, зерновые культуры, почвенно-климатические факторы, модель эффективного плодородия каштановых почв.

Каштановые почвы сухих степей Кулунды занимают более 1300 тыс. га и широко используются в сельском хозяйстве. Рациональное и эффективное использование каштановых почв, обладающих сравнительно невысоким плодородием, а также разработка путей его повышения невозможны без изучения почвенно-климатических условий территории. Авторы работы провели комплексное исследование в отношении территории Алтайской Кулунды. Были изучены внешние и внутренние факторы, влияющие на агроэкологическое состояние территории землепользования. На основании анализа построена агроэкологическая модель эффективного плодородия каштановых почв, которая имеет следующий вид: $U = W_{ф.к.} > ГТК_3 > ГТК_1 > \sum t > 10^0 > O_7 > W_1 > ТП_{ф.к.} > ФГ > рН_в$. Установлено, что на урожайность яровой пшеницы, культуры, являющейся господствующей в Алтайской Кулунде, оказывают влияние показатели, перечисленные ниже. Они расположены в последовательности их влияния на продуктивность пшеницы и рассчитаны по величине коэффициента эффективности канала связи (K): запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, мм (K=0,7478); гидротермический коэффициент по Селянинову за июнь-июль (K=0,7407); гидротермический коэффициент по Селянинову за вегетационный период (K=0,7109); сумма температур воздуха выше 10°C за вегетационный период (K=0,6725); количество атмосферных осадков за июль, мм (K=0,6095); запас продуктивной влаги в слое 0-100 см перед посевом, мм (K=0,5733); сумма температуры почвы выше 10°C на глубине 10 см в фазу кущения (K=0,4561); содержание физической глины, % (K=0,4027); pH водной суспензии (K=0,3568). Доказано, что главная роль в формировании урожая зерновых культур принадлежит не почвам и их агрофизическим или агроэкологическим

свойствам, а гидротермическим условиям, которые имеют широкий диапазон варьирования по годам и в пределах вегетационного периода.

Keywords: effective fertility, chestnut soil, wheat yields, soil and climatic factors, effective fertility model of chestnut soils.

Chestnut soils of the dry steppes of the Kulunda area cover over 1300,000 hectares and are widely used in agricultural production. Rational and efficient use of chestnut soils with relatively low fertility and the development of ways to improve the soil fertility are impossible without studying the soil and climatic conditions. The authors carried out a comprehensive study of the territory of the Altai Region's Kulunda steppe. External and internal factors influencing the agroecological state of the land use territory were studied. Based on the analysis, agroecological model of the effective fertility of chestnut soils was constructed. It was found that the yields of spring wheat, the crop prevailing in the Altai Region's Kulunda, were represented by the indicators listed below. They are arranged in a sequence of their influence on wheat yield and are calculated from the value of the efficiency factor of the communication channel (K): the moisture reserve in the 0-100 cm layer at tillering stage, mm, (K = 0.7478); hydrothermal coefficient according to Selyaninov for June-July, (K = 0.7407); hydrothermal coefficient according to Selyaninov during the growing season, (K = 0.7109); cumulative air temperatures above 10°C during the growing season, (K = 0.6725); precipitation amount in July, mm, (K = 0.6095); available moisture in the 0-100 cm layer before sowing, mm, (K = 0.5733); cumulative soil temperatures above 10°C at a depth of 10 cm at tillering stage, (K = 0.4561); physical clay content, %, (K = 0.4027); water suspension pH (K = 0.3568). It is proved that the main role in cereal yield formation does not belong to the soils and their agrophysical or agroecological properties, but to hydrothermal conditions that have a wide range of variation over the years and within a growing season.

Татаринцев Владимир Леонидович, д.с.-х.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Татаринцев Леонид Михайлович, д.б.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Ещенко Елена Григорьевна, к.с.-х.н., ст. преп., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Ещенко Сергей Иванович, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Tatarintsev Vladimir Leonidovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Tatarintsev Leonid Mikhaylovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Yeshchenko Yelena Grigoryevna, Cand. Agr. Sci., Asst. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Yeshchenko Sergey Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Введение

Каштановые почвы сухих степей Кулунды занимают более 1300 тыс. га и широко используются в сельскохозяйственном производстве. Рациональное и эффективное использование каштановых почв, обладающих сравнительно невысоким плодородием, а также разработка путей его повышения невозможны без изучения почвенно-климатических условий формирования урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2].

Эффективное плодородие проявляется через продуктивность (урожайность) растений и других населяющих биогеоценозы организмов. Величина эффективного плодородия переменная и обычно колеблется возле некоторого среднего уровня. В большой зависимости уровень эффективного плодородия находится от погодных условий [3, 4]. Поэтому целью стало определение величины эффективного плодородия каштановых почв Алтайской Кулунды. Для достижения поставленной цели следовало решить следующие задачи: проанализировать варьирование урожайности яровой пшеницы в зависимости от природно-климатических условий территории во временном лаге и на основании полученных результатов составить модель эффективного плодородия каштановых почв.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали каштановые почвы сухих степей Алтайской Кулунды. При анализе данных широко применялся системный подход, согласно которому почвы представляют собой систему с бесконечно большим разнообразием внутренних и внешних функциональных связей, имеющих очень сложную многоуровневую организацию. При обработке и систематизации массивов данных, разработке агроэкологической модели эффективного плодородия каштановых почв использован информационно-логический анализ.

Результаты и их обсуждение

Антропогенное воздействие на почвенный покров, агроландшафт и биосферу в целом в значительной мере изменило условия для их устойчивого функционирования. Это воздействие стало причиной региональных агроэкологических проблем: массовая деградация земель, качественное ухудшение их экологического состояния и функциональных возможностей. Антропогенные изменения почв приводят к качественному ограничению их функционального и агроэкологического состояния.

Выявленные проблемные ситуации ещё можно решить, но для этого важно оценить потенциальное (устойчивое, самовоспроизводимое) и реальное (эффективное, актуальное) плодородие почв и установить лимитирующие факторы, ограничивающие продуктивность почв. Управление воспроизводством почвенного плодородия – это одна из основных задач охраны почв сельскохозяйственных угодий.

Под управлением почвенным плодородием будем понимать целенаправленное изменение его основных характеристик для достижения желаемого (проектируемого) состояния почв, обеспечивающего высокую продуктивность агроценозов и устойчивое функционирование агроландшафтов. На практике задача управления плодородием сводится к определению почвенных и других параметров, требующих корректировки, изменения до заданных значений и необходимых для этого мероприятий. Научное управление всегда предполагает агроэкологическую оценку возможных состояний параметров природных и почвенных условий.

При проектировании состояний почв широко используется моделирование (физическое, математическое). При построении моделей прогнозного характера, для выявления взаимосвязей между урожайностью и факторами её определяющими, и количественной (агроэкологической) оценкой таких взаимосвязей широко применяется

информационно-логический метод анализа. Этот метод использовали и авторы работы.

Оценка взаимосвязей природных явлений и процессов с использованием этого метода анализа данных приводится в ряде работ П.К. Анохина, А.Л. Арманд, Л.Л. Бриллюэна, В.С. Готта и Е.Д. Урсула, Л. Харвей и др. Этот метод использован при оценке противозерозионной устойчивости ландшафта Г.И. Швобсом, упорядоченности структур почвенного покрова В.М. Фридландом. Опыт применения информационного анализа в мелиоративных исследованиях с целью выявления взаимосвязей между элементами ландшафта показан в работе В.Д. Ралько (1987). Повышенный интерес к этому методу обусловлен тем, что он не требует линейности связей, строгой упорядоченности исходных данных. Однако использование многих факторов все же затрудняет распознавание функций в многозначной логике. Поэтому из всех факторов выделяют ведущие, определяющие, и на их основе делают логическое высказывание» (цит. по Татаринцев Л.М., 2005).

Количественная оценка взаимосвязей между урожайностью и факторами плодородия проведена с учётом рекомендаций Ю.Г. Пузаченко, А.Л. Арманд, Н.Б. Максимовой, Б.В. Жандарова, А.В. Рассыпнова и др. Используя информационный анализ, выделены ведущие агроэкологические факторы, на основе которых в соответствии со степенью их связи с урожайностью, определённой по коэффициенту эффективности канала связи (К), предложено логическое высказывание:

$$U = W_{ф.к.} > ГТК_3 > ГТК_1 > \sum t > 10^\circ > O_7 > W_1 > TP_{ф.к.} > ФГ > pH_b,$$

где $W_{ф.к.}$ – запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, мм ($K=0,7478$);

$ГТК_3$ – гидротермический коэффициент по Селянинову за июнь-июль ($K=0,7407$);

$ГТК_1$ – гидротермический коэффициент по Селянинову за вегетационный период ($K=0,7109$);

$\sum t > 10^\circ$ – сумма температур воздуха выше 10°C за вегетационный период, $^\circ\text{C}$ ($K=0,6725$);

O_7 – количество атмосферных осадков за июль, мм ($K=0,6095$);

W_1 – запас продуктивной влаги в слое 0-100 см перед посевом, мм ($K=0,5733$);

$TP_{ф.к.}$ – сумма температуры почвы выше 10°C на глубине 10 см в фазу кущения, $^\circ\text{C}$ ($K=0,4561$);

$ФГ$ – содержание физической глины, % ($K=0,4027$);

pH_b – водной суспензии ($K=0,3568$).

Факторы, определяющие урожайность яровой пшеницы, расположены в ряд по мере убывания величины коэффициента эффективности канала связи (К).

Пространственная изменчивость определяется гранулометрическим составом, от которого зависят агроэкологические характеристики почв, в частности, запасы продуктивной влаги в метровом слое в начале вегетационного периода (V-VI месяцы) и в фазу кущения, а также сумма температур более 10°C на глубине 10 см в фазу кущения. В агроэкологическом плане наиболее ценными являются среднесуглинистые почвы.

Информационный анализ показал особенно высокую информативность (эффективность канала связи) между урожайностью зерновых и таких факторов, как запас продуктивной влаги в метровом слое в фазу кущения и сумма температур более 10°C в пахотном слое почвы за вегетационный период. Оптимальный параметр расхода продуктивной влаги из слоя почвы 0-100 см должен составлять от 120 мм. Наиболее благоприятная сумма температур больше 10°C в пахотном слое за VI-VII месяцы должна быть в интервале $1100-1200^\circ$. При оптимальном состоянии этих факторов формируется самая высокая (более 1,8 т/га) урожайность яровой пшеницы. Такой уровень урожайности бывает один раз в 10 лет. Восемь лет из десяти урожайность яровой пшеницы находится в интервале 0,4-1,8 т/га. На тепло- и влагообеспеченность влияет гранулометрический состав. Сумма температур выше 10°C на глубине 10 см в супесчаных почвах на $100-200^\circ$ больше, а запас продуктивной влаги в метровом слое на 50-70 мм меньше. Различие характеристик между супесчаными и суглинистыми почвами обеспечивает разницу в урожайности зерновых, равную 0,5-0,7 т/га.

Однако главная роль в формировании урожая зерновых культур принадлежит не почвам и их агрофизическим или агроэкологическим свойствам, а гидротермическим условиям, которые имеют широкий диапазон варьирования по годам и в пределах вегетационного периода.

По данным О.Г. Пахоми и соавт. [5, 6], урожайность яровой пшеницы с 1971 по 2003 гг. колебалась от 0,5 до 2,44 т/га. Размах варьирования составил 1,9 т/га. Такое варьирование обусловлено погодными условиями исследуемых лет.

В изученный ряд лет гидротермический коэффициент находился в интервале 0,4-1,4 – от экстремально сухих до влажных.

Сумма температур воздуха выше 10°C колебалась от 2350° в сухие годы до 1800° во влажные. Сумма температур почвы выше 10°C в июне-июле, наиболее влияющих на урожайность яровой пшеницы, изменялась от 1220 до 1450°. В фазу кущения, самую ответственную за урожай, температура почвы на глубине 10 см может варьировать в границах 17,5-26,6°C.

Сумма осадков за вегетационный период (май-август) изменялась от 70 до 270 мм, сумма осадков за июнь – от 15 до 105 мм. В июле количество осадков варьировало в границах 15-125 мм. Запасы продуктивной влаги перед посевом в метровом слое составляли от 50 до 170 мм. Степень увлажнения почв находилась в интервале 50-100% предельно полевой влагоёмкости. Запас продуктивной влаги в метровом слое в фазу кущения колебался от 25 до 125 мм. Оптимальным значениям соответствуют только агроклиматические параметры влажных лет, которые в этой зоне встречаются крайне редко, всего три раза за 33-летний период. Близкие к оптимальным значениям «увлажнённые» годы встречаются два раза в 10 лет. Остальные 7-8 лет относятся чаще всего к сухим и засушливым, урожайность яровой пшеницы в эти годы колеблется от 0,4 до 1,6 т/га. Весь интервал урожайности яровой пшеницы, наблюдаемый в течение 33 лет, разделён на 9 рангов с шагом в 3 ц/га. В сухие годы наиболее вероятна урожайность 6-9 ц/га (3-й ранг). В засушливые годы урожайность соответствует 3-4 рангам (6-12 ц/га), в средние – 4-5 рангам (9-15 ц/га). В увлажнённые и влажные годы урожайность достигает 15-21 ц/га (6-7-й ранги). Средневзвешенная урожайность яровой пшеницы за 33 года составила 1,1 т/га. С учётом потерь урожая за счёт дефляции исходная урожайность на каштановых почвах была на уровне 1,4-1,5 т/га, которая соответствует состоянию «норма».

При однофакторном анализе доля влияния изученных факторов колебалась от 20 до 60%. Доля участия первых пяти факторов в формировании урожайности зерновых составляет 74%.

Сравнительно невысокая агроэкологическая ценность почв Западной Кулунды в перспективе будет уменьшаться, потому что сохранились стереотипы использования почв, которые стали причиной опустынивания этой территории. На развитие процессов опустынивания в сухостепной зоне указывают Л.М. Бурлакова, Б.В. Жандаров и другие исследователи. В частности, в сухой степи высокая распаханность (табл.).

Чрезвычайная степень распаханности в Немецком национальном районе, где пашня занимает 87% площади сельскохозяйственных угодий. Самая низкая распаханность характерна для Михайловского и Угловского районов, территория которых сильно залесена и пахотнопригодных территорий немного. Распашка лёгких по гранулометрическому составу почв в прошлом способствовала развитию процессов дефляции. Коэффициент эродированности пашни, равный единице, указывает на повсеместное распространение в пашне слабодефлированных почв. Более высокий коэффициент эродированности пашни в Кулундинском районе обусловлен появлением в пахотных угодьях средне- и сильнодефлированных почв. Развитию дефляционных процессов способствует нерациональная структура посевных площадей, в составе которой много сельскохозяйственных культур, не обеспечивающих защиту почв от дефляции, а самое главное – воспроизводство органического вещества, в частности его лабильной части. Положительный баланс органического вещества в этом случае не достигается, а агроэкологическая ценность почв снижается, поскольку из почвы теряются гумус, элементы минерального питания, влага.

Таблица

Экологическая оценка землепользования

Административные районы	Степень распаханности, %	Коэффициент эродированности пашни, балл	Коэффициент эрозионной опасности структуры посевов	Коэффициент антропогенной нагрузки, балл	Коэффициент экологической стабильности	Коэффициент состояния ландшафта
Ключевской	52	1,09	0,71	3,50	0,28	0,07
Кулундинский	71	1,25	0,61	3,66	0,24	0,14
Михайловский	31	1,05	0,71	3,35	0,32	0,24
Немецкий	87	1,30	0,51	3,89	0,18	0,12
Славгородский	60	1,02	0,68	3,53	0,27	0,20
Табунский	73	1,04	0,66	3,71	0,25	0,17
Угловский	21	1,09	0,46	3,32	0,42	0,62

Заключение

Экологические показатели состояния территории указывают, что в Кулундинском, Табунском и особенно Немецком национальном районах почвы испытывают значительную антропогенную нагрузку (балл, близкий к 4). В других районах подзоны нагрузка уменьшается до средней (балл 3). Территория всех районов за исключением Угловского является экологически нестабильной. Коэффициент экологической стабильности ниже 0,33 [7]. Лишь территория Угловского района после проведения определённых мероприятий по изменению соотношения сельскохозяйственных угодий, структуры посевных площадей стала экологически неустойчиво стабильной. Коэффициент состояния ландшафта, рассчитанный как отношение площади средостабилизирующих компонентов ландшафта к площади средодестабилизирующих компонентов ландшафта, свидетельствует о катастрофическом положении агроландшафтов. В них практически отсутствуют природные (или квазиприродные) компоненты, которые улучшают состояние ландшафта и его функционирование, повышая тем самым агроэкологическую ценность ландшафта в целом и его компонентов в частности.

Примером положительного влияния антропогенной деятельности может служить Угловский район, в котором после проведения определённых мер удалось улучшить состояние ландшафта. Хотя, судя по величине коэффициента состояния ландшафта, задача по охране ландшафтов и почв в районе до конца не решена. Оптимальным считается состояние ландшафта, для которого коэффициент состояния ландшафта будет более 0,80.

Библиографический список

1. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Пахомя О.Г. Влияние различных факторов на эффективное плодородие каштановых почв сухой степи Кулунды // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – Кн. 1. – С. 221-225.
2. Татаринцев В.Л., Власова Т.В. Оценка землепользования в муниципальных образованиях сухостепной зоны Кулунды // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 8 (58). – С. 26-30.
3. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Кострицина М.Н., Латышева О.А. Эффективное плодородие каштановых почв // Вестник

Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (150). – С. 39-46.

4. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Будрицкая И.А. Агроэкологическая оценка гидрофизической функции почв сухостепной // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. матер. V Междунар. науч. конф. (7-11 сентября 2015 г.) / под ред. С.П. Кулижского. – Томск: Изд-кий дом ТГУ, 2015. – С. 164-167.

5. Пахомя О.Г., Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л. Плодородие каштановых почв сухой степи Алтайского края и пути его управления // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – № 4 (16). – С. 172-175.

6. Пахомя О.Г., Татаринцев Л.М. Теоретические и методологические вопросы моделирования почвенного плодородия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – № 4 (16). – С. 176-179.

7. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Власова Т.В. Моделирование современного землепользования в сухой степи: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 103 с.

References

1. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M., Pakhomya O.G. Vliyaniye razlichnykh faktorov na effektivnoye plodorodie kashtanovykh pochv sukhoy stepi Kulundy // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sb. statey Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3-kh kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2006. – Kn. 1. – S. 221-225.
2. Tatarintsev V.L., Vlasova T.V. Otsenka zemlepolzovaniya v munitsipalnykh obrazovaniyakh sukhostepnoy zony Kulundy // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 8 (58). – S. 26-30.
3. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M., Kostritsina M.N., Latysheva O.A. Effektivnoye plodorodie kashtanovykh pochv // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 4 (150). – S. 39-46.
4. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Budritskaya I.A. Agroekologicheskaya otsenka gidrofizicheskoy funktsii pochv sukhostepnoy Kulundy // Otrazhenie bio-, geo-, antroposfernykh vzaimodeystviy v pochvakh i pochvennom pokrove: sbornik materialov V Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (7-11 sentyabrya 2015 g., Rossiya); pod red. S.P. Kulizhskogo. – Tomsk: Izdatel'skiy Dom TGU, 2015. – S. 164-167.
5. Pakhomya O.G., Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L. Plodorodie kashtanovykh pochv sukhoy stepi Altayskogo kraya i puti ego upravleniya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2004. – № 4 (16). – S. 172-175.

6. Pakhomya O.G., Tatarintsev L.M. Teoreticheskie i metodologicheskie voprosy modelirovaniya pochvennogo plodorodiya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2004. – № 4 (16). – S. 176-179.

7. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Vlasova T.V. Modelirovanie sovremennogo zemlepolzovaniya v sukhoy stepi: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – 103 s.



УДК 631.559:633.111.1(571.150)

Л.В. Соколова, В.И. Беляев
L.V. Sokolova, V.I. Belyayev

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

FORECASTING MODEL OF SPRING SOFT WHEAT YIELD IN TEMPERATE ARID FOREST-OUTLIER STEPPE OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: информационно-логический анализ, модель прогнозирования урожайности, яровая мягкая пшеница, умеренно засушливая колючая степь Алтайского края.

Получение высоких урожаев яровой мягкой пшеницы – основной сельскохозяйственной культуры, возделываемой в Алтайском крае, является первоочередной задачей. Перепады погодных условий вегетационного периода, высокая степень деградированности почв и другие факторы отрицательно сказываются на продуктивности растений и создают сложности для прогнозирования количества урожая. Цель работы – создание модели прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колючей степи Алтайского края. Предлагаемая нами модель, основанная на результатах 10 лет исследований, позволит достаточно точно делать прогнозы уже в конце июня. Знание наиболее влияющих изменяемых (не природных) факторов позволит заранее создать хорошую базу для реализации потенциально возможного урожая в случае благоприятных погодных условий вегетации. Результаты показали, что на урожайность яровой мягкой пшеницы в умеренно засушливой колючей степи Алтайского края наибольшее влияние оказывают природные почвенно-климатические факторы ($K_{эф.} = 0,191-0,194$). Содержание воды в почве в слое 0-100 см как отдельно взятый фактор, влияющий на урожайность, находится на втором месте ($K_{эф.} = 0,091-0,101$). Изменяемые факторы – сроки посева, предшествующие культуры, группы спелости сортов и глубина заделки семян – находятся на третьем месте ($K_{эф.}$ составляет от 0,057 до 0,018). При попадании значений всех указанных факторов в границы состояний, при которых достигается максимальный ранг урожайности, она может составлять 2,10-3,49 т/га (4-5-й ранг). Совпадение рангов расчетной урожайности с фактической в 63,6% однозначно позволяет рекомендовать предлагаемую модель для прогнозирования урожайности яровой мягкой пшеницы в уме-

ренно засушливой колючей степи Алтайского края в тех случаях, когда не планируется применение удобрений и средств защиты растений.

Keywords: information-logical analysis, yield forecasting model, spring soft wheat, temperate arid forest-steppe of the Altai Region.

Obtaining high yields of spring soft wheat – the major agricultural crop grown in the Altai Region – is a top priority. Weather variations during the growing season, high degree of soil degradation and other factors negatively affect the productivity of plants and create difficulties for forecasting the quantity of the yield. The research goal is to develop a forecasting model of spring soft wheat yield in temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region. The proposed model based on 10-year long research will enable making forecasts as early as the end of June. The knowledge of the most influential changeable (non-natural) factors will make it possible in advance to create a good foundation for the realization of crop potential in case of favorable weather conditions for wheat growth. It has been found that spring soft wheat yield in the temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region is mostly affected by natural soil-climatic factors ($K_{ef} = 0.191 \dots 0.194$). The water content in the soil layer of 0-100 cm as a single factor affecting the yield is in the second place ($K_{ef} = 0.091 \dots 0.101$). Changeable factors as sowing dates, forecrops, ripening groups of varieties and sowing depth are in the third place (K_{ef} value is from 0.057 to 0.018). If all of these factors fall into the state boundaries at which the maximum yield level is reached, it can be 2.10 ... 3.49 t ha (4-5 ranks). The coincidence of the ranks of the calculated yields with the actual yield of 63.6% clearly allows us recommending the proposed model to forecast the spring soft wheat yields in the temperate arid forest-outlier steppe of the Altai Region in cases where application of fertilizers and plant protection products is not planned.