

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.111:631.4:332.54(571.15)

Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев,
П.А. Мягкий, С.И. Ещенко
L.M. Tatarintsev, V.L. Tatarintsev,
P.A. Myagkiy, S.I. Yeshchenko

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛОДРОДИЯ АГРОПОЧВ АЛТАЙСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ И МОДЕЛЬ ИХ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДРОДИЯ

AGROPHYSICAL CONDITIONS OF FERTILITY OF AGRO-SOILS OF THE ALTAI REGION'S FOREST-STEPPE AND MODEL OF THEIR EFFECTIVE FERTILITY

Ключевые слова: алтайская лесостепь, модель эффективного плодородия почв, агрофизические свойства почв, почвенно-физические условия, оптимизация почв, агропочвы.

Почвенно-физические условия играют особую роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Однако роль агрофизических свойств в формировании урожая недостаточно изучена. Вместе с тем актуальность таких исследований не уменьшилась, поскольку эффективность реализации почвенно-физических условий остаётся довольно низкой. Проанализированы агрофизические условия почвенного плодородия алтайской лесостепи. Установлено, что из агрофизических свойств наибольшее влияние на урожайность яровых злаков оказывают почвенная структура и плотность сложения почвы. Информационный анализ позволил установить степень связи между урожайностью и факторами-аргументами, которые расположены в порядке убывания в следующий ряд: ГТК₂, средний запас влаги в слое 0-100 см за вегетационный период, запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, ГТК₁, равновесная плотность, осадки июля, температура почвы в слое 0-20 см и, наконец, содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм. На основании проведённых исследований и расчётов сформулированы основные направления оптимизации агрофизических свойств почв лесостепной зоны при возделывании яровой пшеницы. Во-первых, необходимо улучшить влагообеспеченность яровой пшеницы. Этот показатель является решающим при формировании урожая яровой пшеницы. Во-вторых, важно оптимизировать температурный режим пахотного слоя почвы. В-третьих, требуется улучшение структурно-агрегатного состава. На чернозёмных почвах лесостепной зоны особенно эффективны контурно-мелиоративное земледелие, обработка и посев по горизонталям (поперёк склонов), щелевание, кротование. Большое значение в снижении поверхностного стока оказывают фитомелиоративные мероприятия, почвозащитные севообороты,

полосное размещение культур в севообороте. Для борьбы с эрозионным разрушением чернозёмов также следует использовать гидротехнические мероприятия.

Keywords: Altai Region's forest-steppe, effective soil fertility model, agro-physical soil properties, soil-physical conditions, soil optimization, agro-soils.

Soil and physical conditions are important in crop yield formation. However, the role of agro-physical properties in yield formation is understudied. This paper analyses the agro-physical conditions of soil fertility in the Altai Region's forest-steppe. It has been found that of the agro-physical properties it is soil structure and soil composition density that have the greatest effect on the yield of spring cereal crops. Information analysis has revealed the degree of relationship between the yield and the factors that are arranged in the following order: hydrothermal coefficient 2 (HTC₂), the average moisture stock in 0-100 cm soil layer during the growing season, moisture stock in 0-100 cm soil layer at tillering stage, HTC₁, equilibrium density, rainfall of July, soil temperature in 0-20 cm soil layer, and the content of water-resistant aggregates larger than 0.25 mm. Based on the conducted studies and calculations, the main directions of the optimization of agro-physical properties of the soils of forest-steppe zone under spring wheat have been developed. Firstly, moisture supply of spring wheat should be improved. Secondly, it is important to optimize the temperature regime of top-soil. Thirdly, the structural-aggregate composition should be improved. Contour-meliorative agriculture is especially efficient on the chernozems of the forest-steppe zone: horizontal tillage and sowing (across slopes), soil slitting and mowing. Vegetative reclamation measures are important in reducing surface runoff: soil protective crop rotations and strip cropping. Hydrotechnical reclamation measures should be taken to control erosion destruction of chernozems.

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

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

Мягкий Пётр Александрович, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

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

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

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

Myagkiy Petr Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

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

Введение

Почвенно-физические условия играют особую роль в формировании урожая сельскохозяйственных культур. Этому вопросу посвящено немало исследований [1-3], установивших влияние агрофизических свойств на рост, развитие растений и их продуктивность. Однако роль агрофизических свойств в формировании урожая недостаточно изучена. Вместе с тем актуальность таких исследований не уменьшилась, поскольку эффективность реализации почвенно-физических условий остаётся недостаточной. Одной из причин такого положения является несоответствие почвенно-физических условий требованиям растений к ним, в результате чего не достигается потенциально возможная урожайность. Не является исключением такая большая и эрозионно-неспокойная территория Алтайской лесостепи.

Эффективное плодородие почвы, как известно, выражается в урожае возделываемых культур. Урожайность сельскохозяйственных культур представляет собой функцию многих факторов: природных, экономических и научно-организационных [4]. Из природных факторов наибольшее влияние на урожайность культур оказывают климатические условия, из агрофизических свойств – почвенная структура и плотность сложения почвы.

Установленная роль почвенно-физических свойств плодородия в формировании урожайности имеет принципиальное значение в управлении параметрами эффективного плодородия почвы во времени. Количественная оценка взаимо-

связей в системе «физические условия – растение» позволит выявить оптимальные параметры комплекса физических свойств почвы, способствующих проявлению её максимальной продуктивности, т.е. наиболее полному удовлетворению требований растений.

Целью научных исследований стало определение агрофизических условий плодородия сельскохозяйственных земель (агрощв) алтайской лесостепи и построение модели их эффективного плодородия. Для достижения цели поставлены следующие **задачи**: проанализировать агрофизические условия почвенного плодородия алтайской лесостепи и смоделировать их эффективное плодородие.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали зональные агропочвы алтайской лесостепи, их физическое состояние и агрофизические условия плодородия.

При изучении физического состояния мы использовали системный подход, методология которого в почвоведении была предложена А.А. Ляпуновым и А.А. Титляновой [5]. Для этого последовательно должны быть определены особенности физического состояния зональных почв, выявлены границы варьирования физических свойств, установлены степень пространственного варьирования отдельных физических параметров почв лесостепной зоны, установлены факторы пространственной изменчивости основных физических признаков. При решении этих задач мы использовали методы вариационной

статистики [6]. Моделирование эффективного плодородия зональных почв осуществляли при помощи информационно-логического метода анализа.

Результаты и их обсуждение

Учёные с давних пор пытались оценить значение физических свойств как факторов плодородия. Решение этой проблемы остаётся по-прежнему актуальным в связи с недостаточной изученностью агрономической роли физических свойств почв в различных природно-хозяйственных условиях и необходимостью решения задач по повышению урожайности сельскохозяйственных культур. При интенсивном сельскохозяйственном производстве, когда оно ведётся на фоне минеральных и органических удобрений, значение агрофизических свойств почв в формировании урожая возрастает.

В вегетационных и полевых опытах определены оптимальные интервалы и средние значения, плотности пахотного горизонта для почв разных регионов. Однако характер связей между плотностью и урожайностью остаётся не выясненным, также не выявлена доля влияния на урожайность таких свойств как агрегатный, гранулометрический составы, порозность и других физических свойств.

Урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне варьирует от 0,8 до 4,5 т/га, при среднем значении, равном 2,44 т/га. Следует подчеркнуть, что по

годам она весьма устойчива. Учёт урожайности проводили в ряде хозяйств на чернозёмах выщелоченных среднесуглинистых.

Результаты исследований подтвердили высокую связь урожайности яровой пшеницы с гидротермическими условиями. Для оценки состояния гидротермических условий использовали гидротермический коэффициент (ГТК), рассчитанный по Селянинову для мая-июня (начало вегетации) и мая-августа (за весь вегетационный период) [7]. Для определения характера взаимосвязей между гидротермическими условиями и урожайностью пшеницы применяли информационно-логический анализ, который в отличие от прочих математических методов (корреляционного, регрессионного) позволяет установить не только характер связи, степень связи, но и уровни состояния урожайности в зависимости от состояния факторов, а также оптимальные параметры свойств. Для выяснения связей между физическими свойствами, метеоусловиями и урожайностью пшеницы составляли таблицы (или матрицы) условных распределений величины по рангам с шагом 0,3 т/га в зависимости от рангового значения каждого фактора (физического свойства, ГТК). Общая информативность и коэффициенты эффективности передачи информации изучаемых факторов к урожайности приведены в таблице 1.

Таблица 1

Общая информативность (Т, бит) и коэффициент эффективности канала связи (К) между урожайностью и факторами-аргументами

| Факторы-аргументы | Т, бит | К |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|
| ГТК ₁ мая-июня | 0,9400 | 0,5178 |
| ГТК ₂ мая-августа | 1,3670 | 0,7788 |
| Температура слоя 0-20 см | 0,5898 | 0,3772 |
| Запасы влаги в слое 0-100 см (фаза кущения), мм | 0,9651 | 0,5821 |
| Средний запас влаги в слое 0-100 см за вегетационный период, мм | 1,2001 | 0,6237 |
| Равновесная плотность, г/см ³ | 0,7519 | 0,4290 |
| Содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм, % | 0,6049 | 0,3210 |
| Осадки июля, мм | 0,5892 | 0,3875 |

Информационный анализ позволил установить степень связи между урожайностью и факторами-аргументами, которые расположены в порядке убывания в следующий ряд: ГТК₂, средний запас влаги в слое 0-100 см за вегетационный период, запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, ГТК₁, равновесная плотность, осадки июля, температура почвы в слое 0-20 см и, наконец, содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм.

Проведённые исследования подтверждают тесную связь урожайности с гидротермическими условиями (ГТК₂), сложившимися в течение вегетационного периода. По мере возрастания средних запасов влаги в метровом слое почвы растёт уровень урожайности яровой пшени-

цы. Наиболее высокая роль запасов продуктивной влаги обнаруживается в течение всего вегетационного периода.

Чуть меньшую роль играют запасы продуктивной влаги в метровом слое в фазу кущения. Это объясняется тем, что значимость запасов продуктивной влаги в формировании урожая будет максимальной в том случае, если количественная величина фактора лимитирует рост и развитие растений, а минимальной – в случае постоянных оптимальных (или близких к оптимальным) значений фактора.

Информационный анализ позволил определить специфичные уровни урожайности пшеницы в зависимости от физических свойств почв и гидрофизических условий климата (табл. 2).

Таблица 2

Специфичные (наиболее вероятные) состояния урожайности яровой пшеницы для состояния некоторых физических параметров-аргументов

| Фактор | Состояние фактора | Урожайность, т/га | Ранг урожайности |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| ГТК ₂ , май-август T=1,3716 бит K=0,7858 | <0,6 | <0,9 | 1-2 |
| | 0,6-0,9 | 0,9-1,8 | 3-5 |
| | 0,9-1,2 | 1,8-3,0 | 6-9 |
| | 1,2-1,5 | 3,0-3,9 | 10-11 |
| | >1,5 | >3,9 | 12-13 |
| ГТК ₁ , май-июнь T=0,9398 бит K=0,5251 | <0,6 | <0,9 | 1-2 |
| | 0,6-0,9 | 0,9-1,8 | 3-5 |
| | 0,9-1,2 | 1,8-3,0 | 6-9 |
| | 1,2-1,5 | 3,0-3,9 | 10-12 |
| | >3,9 | >3,9 | 13-14 |
| Запас влаги за вегетационный период, слой 0-100 см, мм T=1,1982 бит K=0,6178 | (0,5-0,6)НВ | <0,9 | 1-2 |
| | (0,6-0,7)НВ | 0,9-1,8 | 3-5 |
| | (0,7-0,8)НВ | 1,8-3,0 | 6-9 |
| | (0,8-0,9)НВ | 3,0-3,9 | 10-11 |
| | (0,9-1,0)НВ | 3,9-4,2 | 12 |
| Запас влаги в фазу кущения, слой 0-100 см, мм T=0,9723 бит K=0,7907 | (0,5-0,6)НВ | <0,9 | 1-2 |
| | (0,6-0,7)НВ | 0,9-1,8 | 3-5 |
| | (0,7-0,8)НВ | 1,8-3,0 | 6-9 |
| | (0,8-0,9)НВ | 3,0-3,9 | 10-12 |
| | | | |
| Равновесная плотность пахотного слоя (0-20 см), г/см ³ T=0,7438 бит K=0,4312 | 1,10-1,15 | 3,0-3,6 | 10-11 |
| | 1,15-1,20 | 2,7-3,0 | 9 |
| | 1,20-1,25 | 2,1-2,4 | 7 |
| | 1,25-1,30 | 1,8-2,1 | 6 |
| | 1,30-1,35 | 0,9-1,5 | 3-4 |
| Температура почвы в слое 0-20 см в фазу кущения, °С T=0,5882 бит K=0,3763 | 15,0-17,5 | 2,1-2,4 | 7 |
| | 17,5-20,0 | 2,4-3,0 | 8-9 |
| | 20,0-22,5 | 1,2-2,1 | 4-6 |
| | 22,5-25,0 | 0,9-1,2 | 3 |
| | >25,0 | <0,9 | 1-2 |

Специфические уровни отражают зависимость, которая имела бы место при условии влияния отдельно взятого фактора. Они устанавливаются на основе расчёта коэффициента связи:

$$C = \frac{P_{Ai/Bj}}{P_{Ai}}$$

где $P_{Ai/Bj}$ – условная вероятность i -го состояния явления A при j -м состоянии фактора B ;

P_{Ai} – вероятность i -го состояния явления A по отношению ко всем случаям испытаний.

Полученные коэффициенты эффективности канала связи (табл. 2) между урожаем и свойствами почв позволяют количественно определить их значимость и выявить место физических свойств среди других факторов.

Все факторы, определяющие урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне Предалтайской провинции, располагаются в следующий ряд:

$ГТК_2 > W_B > W_{ф.к.} > ГТК_1 > d_v > O_7 > T_{п} > A$, (1)
где $ГТК_2$ – гидротермический коэффициент за вегетационный период;

W_B – средний запас влаги за вегетационный период в слое 0-100 см, мм;

$W_{ф.к.}$ – запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, мм;

$ГТК_1$ – гидротермический коэффициент за май-июнь;

d_v – равновесная плотность, г/см³;

O_7 – осадки июля, мм;

$T_{п}$ – температура почвы в слое 0-20 см (фаза кущения), °С;

A – содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм в слое 0-20 см, %.

Выражение (1) чётко позволяет выделить лимитирующие факторы урожая (они все стоят в правой части приведённого ряда).

Учитывая более высокую степень связи урожайности и физических свойств при бонитировке почв, целесообразнее использовать физические параметры и гидротермические условия.

Используя метод сопряженного изучения урожайности яровой пшеницы и физических свойств почвы, а также погодных условий, нами были установлены взаимосвязи и их характер между урожайностью и физическими условиями плодородия. На основе сопряжённых исследований определены оптимальные параметры агрофизических свойств почв и гидротермических условий. Оптимальные и фактические параметры лесостепных почв приведены в таблице 3.

Сравнительное изучение пахотного слоя с различным агрегатным составом, проведённое с использованием информационно-логического анализа, показало, что наилучшие условия для роста и развития растений яровой пшеницы создавались при содержании водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм 70-80%.

Таблица 3

Оптимальные и фактические диапазоны агрофизических свойств пахотного слоя лесостепных почв

| Факторы плодородия | Параметры | |
|--------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| | фактические | оптимальные |
| Количество водопрочных агрегатов >0,25 мм, % | 10-40 | 70-80 |
| Плотность, г/см ³ | 0,95-1,33 | 1,00-1,30 |
| Влагообеспеченность слоя 0-100 см почвы (фаза кущения) | (0,7-0,9)НВ | (0,9-1,0)НВ |
| Температура (фаза кущения), °С | 13,7-21,5 | 17,5-20,0 |
| Общая порозность, % объёма | 49-61 | 50-60 |
| Воздухоёмкость, % объёма | 15-33 | 20-30 |

Оптимальная плотность пахотного горизонта лежит в интервале 1,00-1,30 г/см³. Судя по материалам, в лесостепных среднесуглинистых почвах плотность пахотного горизонта находится почти в указанных границах. Лишь весной параметры плотности выходят (но не всегда) за пределы нижней границы, и в засушливый период (июль-август) плотность пахотного слоя (особенно в слое 10-20 см) перемещается за верхние пределы оптимальных значений.

Диапазон оптимального увлажнения, при котором складываются благоприятные условия жизнедеятельности растений и проявляются полностью их потенциальные возможности, лежит в интервале ВРК-НВ. Именно в этом диапазоне влага сохраняет высокую подвижность, что делает возможным бесперебойное снабжение ею растений. Оптимальный диапазон влажности равен (0,9-1,0)НВ. Сопоставление оптимальных показателей влажности с фактическими, наблюдаемыми на протяжении вегетационного периода яровой пшеницы, свидетельствует о том, что в почвах средней лесостепи в фазу кущения этот показатель не отвечает оптимуму, начиная с I декады июня. Реальная динамика влажности почв лежит в более широком диапазоне (табл. 4), который можно разбить на ряд кластеров, отличных от оптимального интервала увлажнения.

Так как диапазоны влажности колеблются от ВЗ до НВ, следовательно, увлажнение почвы на протяжении вегетационного периода лежит в кластерах «субоптимальном» и «оптимальном». Это и определяет неустойчивость урожайности яровой пшеницы в лесостепной зоне.

Наибольший урожай яровая пшеница даёт, если температура пахотного слоя почвы в фазу кущения колеблется от 17,5 до 20°C. В лесостепи температура почвы находится чаще всего в интервале 15-18°C.

Одним из условий нормального роста растений является наличие в почве воздуха, который необходим для дыхания корней и микроорганизмов и протекания окислительно-восстановительных процессов. Оптимальные значения общей порозности и воздухоёмкости, соответственно, составляют 50-60 и 20-30% объёма почвы. Если общая пористость в лесостепных почвах лежит в области оптимальных значений, то воздухоёмкость при увлажнении до НВ находится ниже нижнего предела оптимума.

Сопоставляя данные по водопроницаемости почв и их влагообеспеченности, нужно заметить, что оптимальное увлажнение на уровне 0,7-0,9 НВ наблюдается при водопроницаемости почвы с поверхности, равной 100-150 мм. Эти параметры водопроницаемости, по-видимому, следует признать оптимальными. При водопроницаемости почвы ниже указанного интервала влагообеспеченность яровой пшеницы снижается. На почвах, не способных впитывать влагу с указанной скоростью, складывается неблагоприятная влагообеспеченность сельскохозяйственных культур, что является причиной низкой продуктивности таких почв. С целью улучшения экологических условий роста сельскохозяйственных культур необходимо проведение противоэрозионных мероприятий.

Таблица 4

Диапазоны влажности пахотного слоя лесостепных почв

| Индекс почвы | Почвенная засуха | Засушливая | Суб-оптимальная | Оптимальная | Обильная | Избыточная |
|-----------------------------|------------------|------------|-----------------|-------------|----------|------------|
| Ч _с ^о | <9 | 9-13 | 13-23 | 23-34 | 34-45 | >45 |
| Ч _с ^в | <7 | 7-10 | 10-23 | 23-33 | 33-38 | >38 |

Среднемноголетняя урожайность яровой пшеницы свидетельствует о том, что агрофизические свойства почв не отвечают требованиям растений. Неблагоприятное соотношение физических и гидрофизических условий в лесостепи оказывается причиной снижения урожайности пшеницы на 1,2-1,5 т/га.

Таким образом, используя информационный анализ, нами были выделены ведущие агрофизические параметры почв, которые определяют урожай пшеницы. На основе ведущих агрофизических факторов в соответствии со степенью их связи с урожайностью, определённой по коэффициенту эффективности канала связи, предложено следующее логическое высказывание:

$Y = ГТК_2 (W_B W_{ф.к.} (ГТК_1 d_V (O_7 T_{п} A)))$, (2)
где Y – ранг урожайности;

$ГТК_2$ – ранг урожайности по величине ГТК за вегетационный период;

W_B – ранг урожайности по среднему запасу влаги за вегетационный период в слое 0-100 см;

$W_{ф.к.}$ – ранг урожайности по запасу влаги в слое 0-100 см в фазу кущения;

$ГТК_1$ – ранг урожайности по величине ГТК за май-июнь;

d_V – ранг урожайности по величине равновесной плотности;

O_7 – ранг урожайности по количеству осадков за июль;

$T_{п}$ – ранг урожайности по температуре почвы в слое 0-20 см в фазу кущения;

A – ранг урожайности по содержанию водопрочных агрегатов в слое 0-20 см крупнее 0,25 мм.

Рассмотрение направлений связи в реальных каналах позволяет предложить логическую формулу, которая имеет вид функции нелинейного произведения:

$$Y = ГТК_2 \boxtimes (W_B \boxtimes W_{ф.к.} \boxtimes (ГТК_1 \boxtimes d_V \boxtimes \boxtimes (O_7 \boxtimes T_{п} \boxtimes A)))$$
 (3)

Все условные обозначения приведены выше; \boxtimes – знак нелинейного произведения.

Приведённая логическая формула (3) обеспечивает в 71% случаев безошибоч-

ный прогноз. Как показали исследования алтайских учёных, прогнозную силу (точность) логической формулы можно повысить, если в логическое высказывание включить (в соответствии со степенью их связи с урожайностью) другие факторы плодородия. Выведенная логическая формула эффективного плодородия вполне удовлетворительно определяет формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от агрофизических свойств чернозёмов выщелоченных среднесуглинистых лесостепной зоны и метеоусловий зоны.

Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать основные направления оптимизации агрофизических свойств почв лесостепной зоны при возделывании яровой пшеницы. Во-первых, необходимо улучшить влагообеспеченность яровой пшеницы. Этот показатель является решающим при формировании урожая яровой пшеницы, во-вторых, важно оптимизировать температурный режим пахотного слоя почвы, в-третьих, требуется улучшение структурно-агрегатного состава.

На чернозёмах лесостепной зоны особенно эффективно контурно-мелиоративное земледелие, обработка и посев по горизонталям (поперёк склонов), щелевание, кротование. Важное значение в уменьшении поверхностного стока оказывают фитомелиоративные мероприятия, почвозащитные севообороты, полосное размещение культур в севообороте. Для борьбы с эрозионным разрушением чернозёмов следует также широко использовать гидротехнические мероприятия.

Библиографический список

1. Татаринцев Л.М. Физическое состояние пахотных почв юга Западной Сибири: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с.
2. Татаринцев В.Л. Зональные особенности физического состояния агропочв Алтайского Приобья // Вестник Саратовского государственного аграрного университета. – 2008. – № 5. – С. 43-46.

3. Татаринцев В.Л. Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 261 с.

4. Татаринцев Л.М., Мягкий П.А., Татаринцев В.Л. Физическое состояние агропочв лесостепной зоны Предалтайской провинции и его изменение под влиянием эрозии: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 155 с.

5. Ляпунов А.А., Титлянова А.А. Системный подход к изучению круговорота вещества и поток энергии в биогеоценозах // О некоторых вопросах кодирования и передачи информации в управляющих системах живой природы. – Новосибирск: Наука СО, 1971. – С. 99-188.

6. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 292 с.

7. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 198 с.

References

1. Tatarintsev L.M. Fizicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv yuga Zapadnoy Sibiri: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 300 s.

2. Tatarintsev V.L. Zonalnye osobennosti fizicheskogo sostoyaniya agropochv Altayskogo Priobya // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – № 5. – S. 43-46.

3. Tatarintsev V.L. Granulometriya agropochv yuga Zapadnoy Sibiri i ikh fizicheskoe sostoyanie: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 261 s.

4. Tatarintsev L.M., Myagkiy P.A., Tatarintsev V.L. Fizicheskoe sostoyanie agropochv lesostepnoy zony Predaltayskoy provintsii i ego izmenenie pod vliyaniem erozii: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 155 s.

5. Lyapunov A.A., Titlyanova A.A. Sistemnyy podkhod k izucheniyu krugovorota veshchestva i potok energii v biogeotsenozakh // O nekotorykh voprosakh kodirovaniya i peredachi informatsii v upravlyayushchikh sistemakh zhivoy prirody. – Novosibirsk: Nauka SO, 1971. – S. 99-188.

6. Dmitriev E.A. Matematicheskaya statistika v pochvovedenii. – M.: Izd-vo MGU, 1972. – 292 s.

7. Agroklimaticheskie resursy Altayskogo kraja. – L.: Gidrometioizdat, 1971. – 198 s.



УДК 332.54:631.111.3:631.4:631.459(571.15) А.А. Бунин, А.А. Зырянов, П.А. Мягкий, В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев
A.A. Bunin, A.A. Zyryanov, P.A. Myagkiy, V.L. Tatarintsev, L.M. Tatarintsev

ЗОНАЛЬНЫЕ И ВНУТРИЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИИ И ДЕФЛЯЦИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

ZONAL AND INTRA-ZONAL FEATURES OF EROSION AND DEFLATION DEVELOPMENT IN THE ALTAI REGION

Ключевые слова: эрозия, дефляция, оптимизация агроландшафта, экологические факторы, агроэкологическое зонирование территории, эрозионные и дефляционные процессы, эродированная пашня, Алтайский край.

Keywords: erosion, deflation, agro-landscape optimization, ecological factors, agro-ecological zoning, erosion and deflation processes, eroded arable land, Altai Region.