

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УРАЛА

© 2021 г. В. И. Кирюшин^а, *, Н. Н. Дубачинская^б, А. Ю. Юрова^а

^аПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия

^бОренбургский ГАУ, ул. А.В. Коваленко, 5, Оренбург, 460027 Россия

*e-mail: vkiryushin@rambler.ru

Поступила в редакцию 05.03.2021 г.

После доработки 19.04.2021 г.

Принята к публикации 27.04.2021 г.

Задача комплексной оценки сельскохозяйственных земель сводится к выявлению их общностей по агроэкологическим и экономическим условиям, определяющим направления и эффективность их использования. Она решается в иерархии: природно-сельскохозяйственная зона, провинция, группа, вид земель и показана на примере Южного Урала в пределах Оренбургской области. Эта территория располагается в лесостепной, степной и сухостепной зонах, представленных различными провинциями. В каждой провинции выделены агроэкологические группы плакорных, полугидроморфных, эрозионных, солонцовых, литогенных, пойменных земель, для которых разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия. В пределах групп выделены виды земель, к которым приурочены дифференцированные агротехнологии. На основе обобщения данных многолетних полевых экспериментов и агроклиматических моделей дана оценка продуктивности основных видов земель и экономической эффективности их использования при трех уровнях интенсификации земледелия. На основе предложенной методологии оценки земель рассматривается задача оптимизации сельскохозяйственного природопользования.

Ключевые слова: агроэкологическая группировка земель, агроклиматическая оценка, адаптивно-ландшафтные системы земледелия, экономическая эффективность использования земель

DOI: 10.31857/S0032180X21110083

ВВЕДЕНИЕ

С развитием интенсификации и экологизации земледелия существенно возрастает значение агроэкологической и экономической оценки земель. Вместо традиционной бонитировки почв, рейтинговых оценок пригодности земель для сельскохозяйственного использования, различных индексов и других интегральных оценок требуются прямые показатели природных факторов и условий хозяйственной деятельности в целом и земледелия в частности. Чем выше уровень интенсификации агротехнологий, тем больше показателей используется для их построения, тем сложнее инструментарий, который используется в цифровой форме в геоинформационной системе (ГИС). Большой опыт в данном отношении сложился в процессе разработки, проектирования и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия. С учетом этого опыта была предложена методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель [1]. Ее основу составляет природно-сельскохозяйственное районирование и агроэкологическая группировка земель. Оценка земель

выполняется в иерархии: природно-сельскохозяйственная зона – подзона – провинция – агроэкологическая группа земель – вид земель. На уровне зоны осуществляется оценка природных условий для размещения сельскохозяйственного производства, на уровне провинции – оценка агроклиматических условий для обоснования набора культур и сортов, для группы – оценка агроэкологических условий для обоснования севооборотов и организации территории, на уровне видов – по условиям применения агротехнологий.

Исходной позицией для этих оценок являются требования сельскохозяйственных культур, формализованные в реестрах сортов и регистрах агротехнологий [19]. На основе агроэкологической оценки земель разрабатывается их агрономическая оценка, критериями которой являются урожайность сельскохозяйственных культур (выход продукции с 1 га севооборотной площади при экстенсивных, нормальных и интенсивных агротехнологиях) и соответствующие экономические показатели при тех же условиях (экономическая оценка). Содержание агротехнологий представлено в регистрах [19]. К экстенсивным относят

технологии возделывания толерантных сортов сельскохозяйственных культур без применения удобрений за счет естественного плодородия почв. В нормальных технологиях используются пластичные сорта и обеспечивается бездефицитный баланс углерода и основных элементов питания путем применения агрохимических и биологических средств. Интенсивные технологии отличаются применением интенсивных сортов и прецизионным управлением продукционным процессом по микропериодам органогенеза, использованием дистанционных методов и АгроГИС. Рассчитаны на максимальную прибыль.

В данной работе ставится задача показать применение предлагаемой методологии оценки земель на примере Южного Урала в границах Оренбургской области. Этот объект представляет особый интерес как пример традиционного степного земледелия со всеми противоречиями. Оренбургская область явилась эпицентром освоения целинных земель в России в 1954–1958 гг., когда было распашано 1.8 млн га целины. Максимальная площадь пашни 6.4 млн га была достигнута в 1990 г. В результате земельной реформы 1991 г. происходило сокращение посевных площадей. К 2000 г. они стабилизировались на уровне 4.5–4.7 млн га. При этом в области довольно велика доля необрабатываемых угодий. В конечном итоге сложилась довольно неблагоприятная картина использования земельных ресурсов и их состояния. В пашне присутствует значительная доля маргинальных земель (солонцовых, засоленных, литогенных, эрозионных и др.), ранее вовлеченных в активный сельскохозяйственный оборот, а также деградировавших в результате ветровой и водной эрозии. В разные годы предпринимались меры по упорядочению землепользования, частичному исключению из пашни неблагоприятных земель. Однако они были недостаточными.

В последнее время рекомендуются различные варианты трансформации маргинальных земель пашни в другие угодья, а также охраняемые и ограниченно используемые территории с различным статусом. Для оценки земель с этой целью предлагаются различные варианты почвенно-климатических показателей, в частности, модернизированный почвенно-климатический индекс [7]. Нам представляется, что для подобного рода преобразований нужны более адекватные оценки фактической и потенциальной продуктивности различных категорий земель и соответственно эколого-экономической эффективности.

Для Оренбургской области эта задача приобретает особую актуальность в связи с низкой продуктивностью земледелия, не изменяющейся на протяжении полувека. Как показывает проведенный анализ динамики урожайности зерновых культур [2], в первое десятилетие после освоения целинных земель она составила в среднем 0.8 т/га.

Благодаря освоению почвозащитной системы земледелия она возросла в среднем до 1 т/га и на протяжении 1966–2020 гг. оставалась на том же уровне при колебаниях по годам в основном в пределах от 0.6 до 1.5 т/га. В то же время по России она возросла с 1.3 т/га в 1966–1970 гг. до 2.9 т/га в 2016–2020 гг.

Создается впечатление, что на протяжении более чем полувекового периода в земледелии не обеспечивается научно-технический прогресс. Столь консервативная ситуация в земледелии Оренбургской области требует объяснения с позиций научного, инновационного, организационно-хозяйственного обеспечения, социально-экономических и других условий, которые должны рассматриваться на фоне оценки природно-ресурсного потенциала региона.

Природно-сельскохозяйственное районирование. Оренбургская область располагается в глубине Евразийского континента в предгорной зоне Южного Урала и занимает площадь 124 тыс. км², простираясь с запада на восток на 750 км и севера на юг на 355 км. В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием страны [13], территория области представлена тремя природно-сельскохозяйственными зонами, в которых выделяется 5 провинций: Предуральская провинция лесостепной зоны, Заволжская и Казахстанская провинции степной зоны, Заволжская и Казахстанская провинции сухостепной зоны.

Территория *Предуральской провинции лесостепной зоны* прилежит к южной оконечности Бугульмино-Белебеевской возвышенности и к наиболее высокой части возвышенности Общего Сырта. Провинция характеризуется высокой расчлененностью рельефа с перепадом высот от 200 до 350 м. Почвенный покров представлен преимущественно черноземами типичными и выщелоченными разных родов и видов [6].

Заволжская провинция степной зоны приурочена к системе возвышенностей Общего Сырта, являющихся водоразделом Волги и Урала. Перепады высот над местными базисами эрозии в среднем достигают 100–250 м. Склоны северной и северо-западной экспозиции – пологие с нормальными полнопрофильными обыкновенным и южными черноземами глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, склоны южной и юго-восточной экспозиции – крутые со сложными сочетаниями карбонатных и солонцеватых, маломощных и в различной степени смытых черноземов и их комплексов с солонцами [6].

Территория *Казахстанской провинции степной зоны* представлена системой высоких цокольных равнин Зауралья. Перепады высот над местными базисами эрозии в среднем не больше 50–80 м. Невысокие междуречные водоразделы в вершинной части сложены преимущественно пестро-

Таблица 1. Основные показатели теплообеспеченности природно-сельскохозяйственных провинций Оренбургской области за период 1989–2019 гг.

Зона, провинция	Среднегодовое параметры					глубина промерзания почвы, см
	$\Sigma t^{\circ} > 10$	температура воздуха		континентальность климата		
		самого теплого месяца (июль)	самого холодного месяца (январь)	продолжительность весны, дни	градация	
Лесостепная, Предуральская	2547	21.6	–11.9	22	С	<80–120
Степная, Заволжская	2882	22.8	–12.0	22	С, Ок	80–120
Степная, Казахская	2745	20.0	–12.1	25	Ок	80>140
Сухостепная, Заволжская	3108	21.5	–13.9	21	Ок	120–>140
Сухостепная, Казахская	2855	21.0	–13.5	24	Ок	120–>140

Примечание. $\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма активных температур, континентальность климата оценена согласно Шашко [22] по продолжительности вегетационной весны в интервале температур от 5 до 15°C. Данные по градациям континентальности климата (С – среднеконтинентальный, Ок – очень континентальный) и глубине промерзания даются по данным метеостанции Оренбург из [18].

цветными корами выветривания, а склоны увалов делювиальными карбонатными глинами и суглинками. Почвенный покров представлен обыкновенными и южными черноземами, карбонатными, солонцеватыми в различной степени смытыми и их комплексами с солонцами степными [3].

Территория *Заволжской провинции сухостепной зоны* в юго-западной части представлена южным склоном Общего Сырта к Прикаспийской низменности, на юге – полого-покатым склоном Предуральского сырта к долине реки Илек. Почвенный покров характеризуется темно-каштановыми почвами различных родов и видов и солонцами [4].

Казахская провинция сухостепной зоны приурочена к южной и юго-восточной частям Оренбургского Зауралья, которая практически полностью относится к системе плоских и плосковолнистых равнин (Орская равнина, южная часть Урало-Тобольского плато). Почвенный покров отличается от предыдущей провинции большей комплексностью и большей долей темно-каштановых солонцеватых почв и солонцов [3].

Агроклиматическая оценка земель. Земледелие Оренбургской области функционирует в жестких рамках климатических ограничений [16], прежде всего, влагообеспеченности, которая сильно сокращается к востоку и особенно юго-востоку области. В этом направлении увеличивается частота засух, усиливаются колебания температур, увеличивается глубина промерзания почвы и скорость ветра, возрастает континентальность климата. В итоге биоклиматический потенциал земледелия природно-сельскохозяйственных провинций изменяется от 1.1 в лесостепной провинции до 0.7 в

сухостепной, что определяет различную его структуру и агротехнологии [22]. Климатическая специфика земледелия в регионе связана с регулированием влагообеспеченности за счет более полного использования зимних осадков (кулисы, снегозадержание), применением чистого пара, маневрированием сроками посева зерновых культур с целью ухода от июньской засухи и более полного использования июльского максимума осадков, созданием засухоустойчивых сортов, маневрированием технологиями их возделывания, в особенности дифференциацией мульчирующих систем обработки почвы, способов посева, норм высева семян и т. д. [17].

В последние годы активно обсуждается проблема потепления климата и соответственно опасность его аридизации. В связи с этим была изучена динамика агроклиматических условий за 1890–2020 гг. Для этого были использованы результаты долгопериодного (с 1886 г.) мониторинга по метеорологической станции Оренбург, данные атмосферного анализа температур Европейского центра среднесрочных прогнозов [25] для всей территории Оренбургской области за период 1989–2019 гг. и данные атмосферных осадков Лаборатории физических наук Национального управления океанических и атмосферных исследований США [24], которые основаны на действующей осадкомерной сети за период 1989–2019 гг.

Средние параметры теплообеспеченности представлены в табл. 1. Как показали результаты этих исследований, теплообеспеченность территории области в 1989–2019 гг. несколько возросла по сравнению с предшествующим 30-летием. Тренд суммы температур выше 10°C в течение вегетационного периода составляет 30° за 100 лет (рис. 1) в

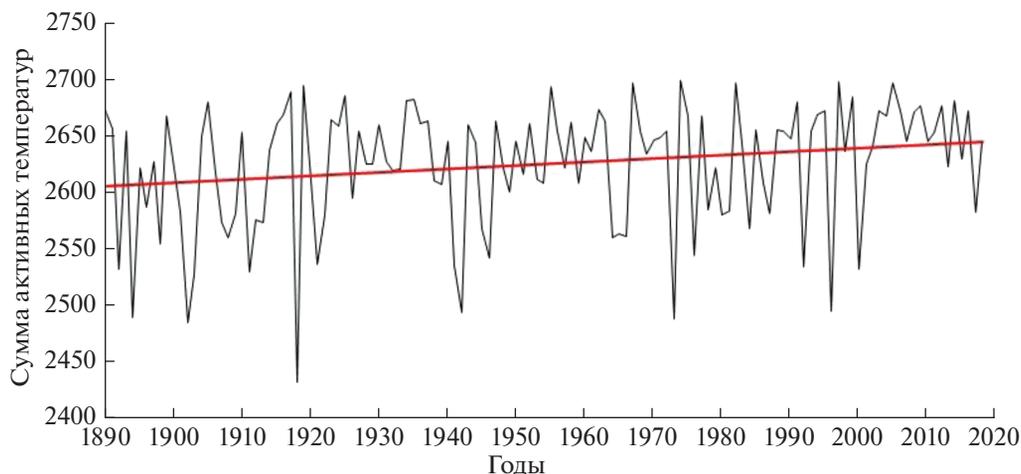


Рис. 1. Межгодовая изменчивость и тренд суммы активных температур больше 10°C для станции долгопериодного метеорологического мониторинга Оренбург.

степной зоне и увеличивается от лесостепной зоны к сухостепной. Также заметно увеличились максимальные температуры июня во всей Оренбургской области, что при дефиците осадков создает дополнительный стресс для растений. Переход к температурам активной вегетации (10°C) весной сдвинулся на более ранние сроки: тренд составил 6 дней за 100 лет и практически линейен, то есть нет его усиления в последние десятилетия. Короткая, чаще всего дружная весна, характерная для региона, стала несколько более продолжительной в последнее 30-летие, а континентальность климата несколько ослабилась.

Средние параметры влагообеспеченности представлены в табл. 2. Как показано на рис. 2, величи-

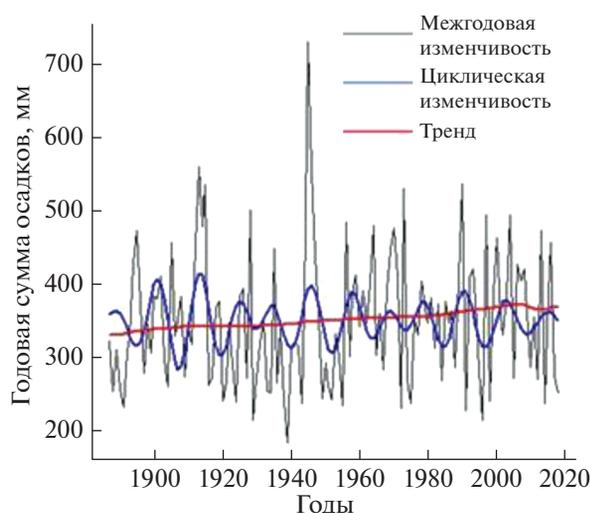


Рис. 2. Межгодовая изменчивость, циклические колебания и тренд годовой суммы осадков для станции Оренбург. Циклический компонент и тренд выделены методом анализа сингулярного спектра.

на суммы годовых осадков за последние 100 лет, испытывая множество циклических колебаний, имеет линейный тренд повышения в степной зоне. Увеличение количества годовых осадков связано с ростом зимних осадков при их неизменности за вегетационный период. Межгодовая изменчивость суммы осадков выражена очень сильно, максимальный разброс составляет около 500 мм, что делает влагообеспеченность очень нестабильной величиной. В последние два десятилетия заметно увеличилась частота сильных атмосферных засух в мае (рис. 3, А), но уменьшилась их частота в июне (рис. 3, Б). Что касается умеренных засух в последние 2 десятилетия, то их частота уменьшилась в мае и осталась на среднем уровне в июне. В сухостепной зоне опасность майских засух особенно велика. При более низких зимне-весенних запасах влаги в почве (табл. 2) и критически низких значениях осадков в мае очень быстро наступает и почвенная засуха, грозящая гибелью посевам. Путем анализа лет с экстремально низкой фактической продуктивностью яровой пшеницы было установлено, что 80% из них приходятся на годы с сильной засухой в мае и 20% с сильной засухой в июне. В связи с более частыми повреждениями посевов от майских засух следует уточнить регламенты сроков посева. Учитывая заметное увеличение зимних осадков, важно усилить работы по снегозадержанию.

Климатические модели урожайности сельскохозяйственных культур. Для оценки урожайности в зависимости от погодных условий, складывающихся в данной климатической зоне, применяют модели двух типов: статистические (агрометеорологические прогнозы) и более сложные динамические имитационные модели. Агрометеорологический прогноз, как правило, представляет собой зависимость ожидаемой урожайности от инте-

Таблица 2. Основные показатели влагообеспеченности природно-сельскохозяйственных провинций Оренбургской области за период 1989–2019 гг. Среднемесячные параметры

Зона, провинция	Количество осадков, мм				Коэффициент атмосферного увлажнения (КУ) по Иванову (А) Шашко (Б) за год и Селянинова (В) по месяцам				Высота снежного покрова, см	Запас воды в снеге, мм			
	за год	распределение по месяцам				А, $P/\Sigma d$	Б, P/f	В					
		V	VI	VII	VIII			V			VI	VII	VIII
Лесостепная, Предуральская	495	39	56	49	44	0.37	0.52	1.05	1.08	0.82	0.82	41	117
Степная, Заволжская	408	34	46	40	31	0.24	0.38	0.81	0.80	0.62	0.52	30	82
Степная, Казахстанская	324	33	42	42	31	0.18	0.29	0.87	0.74	0.67	0.53	32	88
Сухостепная, Заволжская	328	31	36	31	22	0.16	0.27	0.71	0.59	0.45	0.35	24	68
Сухостепная, Казахстанская	302	32	38	38	27	0.16	0.26	0.80	0.65	0.58	0.45	24	69

Примечание. P – осадки, f – испаряемость, Σd – сумма среднесуточных величин дефицита влажности воздуха, мм. Высота снежного покрова дана на конец первой декады марта по данным метеостанций из [18].

гральных метеорологических характеристик за выбранный период (сумма температур и осадков, ГТК и т. д.). Такая работа была выполнена для Оренбургской области в 80-х годах Сохоновым [18]. Основанные на регрессионных соотношениях, данные модели имеют чисто интерполяционный характер и невысокую точность. Гораздо большей степенью универсальности и адекватности обладают так называемые динамические модели продукционного процесса [11, 14, 23]. Принципиальными чертами, отличающими их от простых статистических моделей продуктивности, являются динамический характер и эколого-физиологический подход [12]. В работе использована модифицированная методика учета потенциальной урожайности ФАО, дополненная учетом водного баланса корнеобитаемого слоя почвы [26]. По сравнению с более детальными моделями, для настройки которых требуется большое количество трудно определяемых для больших территорий параметров, данная модель опирается на стандартные метеорологические величины и обобщенные для культур параметры водопотребления, но при этом позволяет оценить роль дефицитов влаги в формировании урожая на региональном уровне.

Рассчитанная по этой модели потенциальная урожайность яровой пшеницы сильно различается по провинциям, уменьшаясь от лесостепной провинции к сухостепной, и значительно превосходит фактическую урожайность. Очевидно, чтобы оценить адекватность моделей, следует сравнить их с результатами многолетних полевых экспериментов по изучению агротехнологий различной наукоем-

кости. С этой целью нами были обобщены соответствующие материалы научных учреждений [2] (табл. 3). Как видим, расчетные показатели модели довольно тесно совпадают с опытными данными урожайности яровой пшеницы при нормальных агротехнологиях на наиболее благополучных плакорных землях. Продуктивность экстенсивных агротехнологий, доминирующих в посевных площадях области, существенно меньше нормальных в основном вследствие недостатка элементов питания. В табл. 3 также приведены данные выхода зерна с гектара севооборотной площади в типичных для провинций зернопаровых севооборотах.

Учитывая перспективы совершенствования агроклиматического моделирования, можно положить в основу оценки биопотенциала природно-сельскохозяйственных провинций прогнозируемую урожайность сельскохозяйственных культур на плакорных землях. В случае повышенной сложности провинций по климатическим условиям целесообразно выделять в них более однородные климатические районы. Для этого следует создать сеть метеостанций. Одновременно необходимо развивать географическую сеть полевых экспериментов по определению потенциала продуктивности земель при различных уровнях интенсификации агротехнологий.

Таким образом, предлагается формировать базовую агроклиматическую оценку плакорных земель, оценку потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур по природно-сельскохозяйственным провинциям (агроклиматическим районам) в соответствии с реестром сортов.

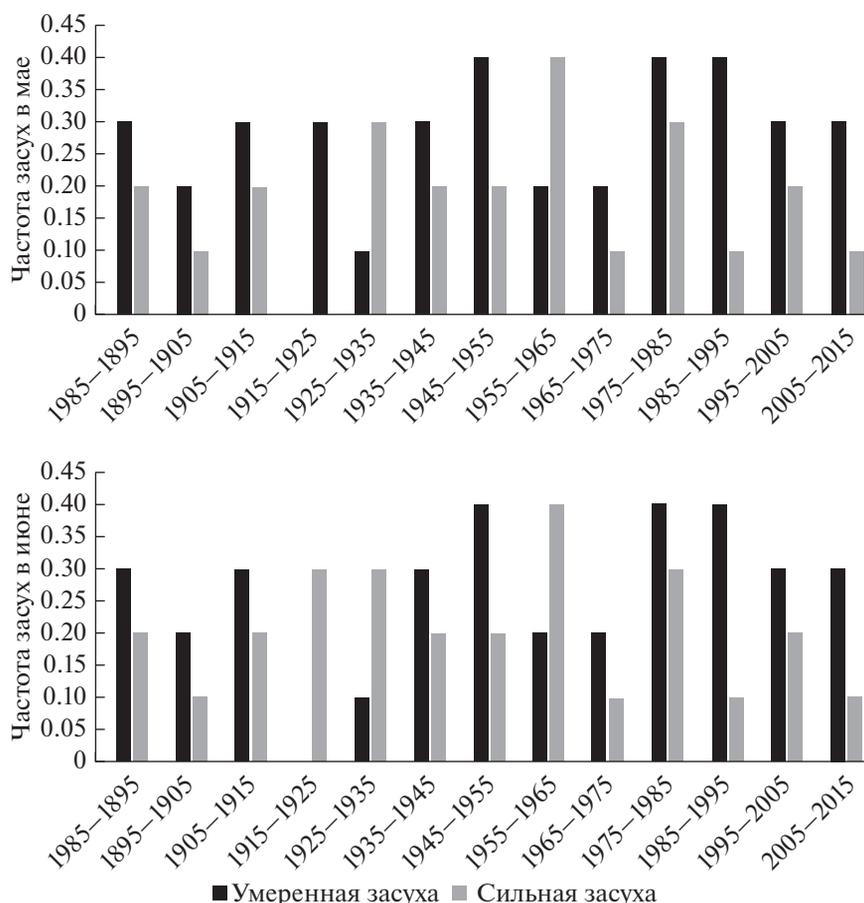


Рис. 3. Осредненные по десятилетиям значения частоты проявления умеренной и сильной засухи: А – в мае, Б – в июне для станции долгопериодного метеорологического мониторинга Оренбург.

Дальнейшая сельскохозяйственная оценка земель, в том числе, по условиям микроклимата производится на уровне агроэкологических групп и видов земель.

Агроэкологическая группировка земель. Выделение агроэкологических групп земель и их оценка осуществляется по агроэкологическим условиям, определяющим формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия. По этим условиям выделяются плакорные, полугидроморфные, слабоэрозионные, среднеэрозионные, сильноэрозионные, малосолонцовые, среднесолонцовые, литогенные, пойменные и другие земли. Плакорные земли приурочены к плоским равнинам на четвертичных отложениях и представлены зональными почвами. Главным лимитирующим фактором их использования является засушливость климата, значительно возрастающая в восточном и юго-восточном направлениях. В этом направлении сокращается набор культур, усиливается роль чистого пара. В отличие от Предуральской провинции лесостепной зоны, где возможно возделывание широкого спектра полевых культур, в том числе озимой пшеницы, кукурузы, сои, гречихи,

льна масличного и др., в провинциях сухостепной зоны в основном исключается возделывание озимой пшеницы, возрастает роль засухоустойчивых культур (нута, сорго, проса, суданской травы), усиливается значение яровой твердой пшеницы, возделываемой по чистому пару [21]. Другие группы земель отличаются от плакорных различным влиянием почвенно-ландшафтных условий, увеличивающих или сокращающих продуктивность агроценозов. Более продуктивны полугидроморфные земли, представленные лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами, испытывающими дополнительное грунтовое увлажнение. К сожалению, доля их невелика. Преобладают группы земель с пониженной продуктивностью вследствие подверженности эрозии, проявления солонцеватости, засоленности, неблагоприятных свойств почвообразующих пород.

Выделение эрозионных земель осуществляется по потенциальной расположенности их к смыву. Слабо-, средне- и сильноэрозионные земли приурочены к эрозионным ландшафтам, характеризующимся коэффициентами горизонтальной расчлененности соответственно 0.5–1.0; 1.0–1.5;

Таблица 3. Фактическая и потенциальная продуктивность агроценозов яровой пшеницы по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области

Зона, провинция	Биоклиматический потенциал	Средняя урожайность за 1990–2020 гг.	Потенциальная продуктивность				
			урожайность			выход зерна	
			модель	экстенсивные технологии	нормальные технологии	экстенсивные технологии	нормальные технологии
Лесостепная, Предуральская	1.13	1.1	2.4	1.8	2.5	1.5	2.1
Степная, Заволжская	0.96	1.0	1.8	1.4	1.7	1.2	1.6
Степная, Казахстанская	0.76	1.0	1.2	1.2	1.5	1.0	1.3
Сухостепная, Заволжская	0.74	0.8	1.4	0.9	1.2	0.7	1.0
Сухостепная, Казахстанская	0.69	0.7	0.9	0.8	1.0	0.7	0.9

Примечание. При оценке БКП использовался базис суммы активных температур 1900°C [18].

1.6–2.0 км/км² и уклонами 1°–3°; 3°–5°; 5°–7° соответственно. Они представлены черноземами различной степени смытости, преимущественно слабой и средней. Продуктивность этих земель по сравнению с плакорными, уменьшается с увеличением крутизны склона в связи с усилением поверхностного стока, ухудшением влагообеспеченности и свойств почв [9]. Использование их должно осуществляться в различных противоэрозионных системах земледелия. По мере усиления эрозионной опасности сокращается или исключается применение чистого пара, пропашных культур, возрастает роль почвозащитных мероприятий (применение кулис из высокостебельных растений, полосное размещение культур и др.). На средне-эрозионных землях целесообразны зернотравяные севообороты, на сильноэрозионных – травопольные. Особое значение имеет применение глубокой безотвальной обработки с оставлением на поверхности пожнивных остатков и соломы. На средне- и особенно сильноэрозионных землях при интенсивном использовании требуются гидротехнические и лесомелиоративные мероприятия (защитные валы, террасы, водорегулирующие лесные полосы и др.) при контурно-мелиоративной организации территории.

Существенную роль в почвенном покрове Оренбургской области играют солонцеватые почвы и солонцы, доля которых возрастает в юго-восточном направлении. По участию солонцов в комплексах выделяются мало-, средне- и многосолонцовые земли. Малосолонцовые земли представлены комплексами чернозема с солонцами до 25%. Пониженная эффективность использования этих земель связана не только с низким плодородием пятен солонцов, но и с невозможностью своевременного проведения полевых работ на черноземах из-за раз-

новременного поспевания этих почв к обработке и посеву. Для рационального использования их в полевых севооборотах целесообразна выборочная химическая мелиорация пятен солонцов. К среднесолонцовым землям относятся комплексы черноземов с солонцами (25–50%). Их использование в полевых севооборотах целесообразно лишь при сплошной мелиорации, в особенности с применением мелиоративной обработки (трехъярусной, плантажной). При использовании без мелиорации эти земли должны быть трансформированы в кормовые угодья или выведены из сельскохозяйственного оборота. Подбор культур на этих почвах осуществляется в соответствии с группировкой их по солонце- и солеустойчивости. В полевых севооборотах по мере усиления солонцеватости и засоленности почв сокращается доля пшеницы и возрастает значение ячменя, проса, горчицы, как более устойчивых культур.

В почвенном покрове степной и, особенно, сухостепной зон заметную долю составляют почвы с неблагоприятными физическими свойствами, сформированные на древних почвообразующих породах (каолиновых корах выветривания, на третичных монтмориллонитовых морских глинах) или при близком их залегании (выше 0.5 м). Это литогенные земли (к ним относятся также супесчаные и песчаные почвы). В период освоения целины они были вовлечены в активный сельскохозяйственный оборот при весьма ограниченной пригодности их использования в пашне.

Особую группу представляют пойменные земли, включающие аллювиальные дерновые и аллювиальные луговые почвы.

В пределах каждой группы выделяются агроэкологические виды земель.

Реестр агроэкологических видов земель. Агроэкологические виды земель идентифицируют как элементарные ареалы агроландшафта и оценивают по пригодности под различные агротехнологии. Критериями оценки являются агроэкологические требования сельскохозяйственных культур (сортов), и технологий их возделывания, формализованные и систематизированные соответственно в региональных реестрах сортов и реестрах агротехнологий. Количество оценочных показателей зависит от уровня интенсификации агротехнологий и сложности агроэкологических групп земель. В составе плакорных земель основным критерием их выделения является гранулометрический состав почв. Чем легче гранулометрический состав по сравнению с тяжелосуглинистыми почвами, тем меньше продуктивность угодья в связи с более низкой влагоемкостью и соответственно условиями влагообеспеченности. На легкосуглинистых обыкновенных и южных черноземах по этой причине нецелесообразно применение интенсивных агротехнологий, так же как на черноземах, близко подстилаемых супесями и песками. Применение этих агротехнологий ограничивается также степенью контрастности почвенного покрова. В составе эрозионных земель, помимо этих условий выделяются виды по степени расчлененности территории, крутизне, форме и экспозиции склонов. Среди этих критериев часто недооценивается экспозиция склонов. Между тем разница в урожайности полевых культур на южных и северных склонах достигает 50%.

Наибольшее количество видов включают солонцовые земли. Они выделяются по комплексности (доля солонцов), гидроморфизму (степные, лугово-степные, луговые), содержанию обменного натрия (остаточные, малонатриевые, средненатриевые), глубине засоления (солончаковые, солончаковатые, глубокозасоленные), степени засоления и другими показателями.

Оценка потенциальной продуктивности земель и экономической эффективности их использования. Базовым критерием оценки земель является потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур при определенных уровнях интенсификации земледелия. Первый такой уровень соответствует экстенсивным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур за счет естественного плодородия почвы. Другой объективный критерий оценки продуктивности земель – урожайность при интенсивных агротехнологиях, которая получается за счет современных достижений научно-технического прогресса. Этот потенциал продуктивности является интегрирующим по отношению к возможностям человека и природы. Более субъективный, промежуточный критерий продуктивности земель – урожайность при нормальных агротехнологиях, отвечающая среднему уровню интенсификации земледелия при со-

временной обеспеченности производственными ресурсами. Как оценочный критерий, урожайность корректируется показателями экономической эффективности, поскольку достижение ее может быть сопряжено с разными затратами. Следует подчеркнуть, что интенсивные агротехнологии ориентированы не на максимальную урожайность, а на максимальную прибыль. Сопоставление фактической урожайности с этими категориями позволяет оценить эффективность использования земель в сравнении с их потенциальными возможностями. Данные показатели устанавливаются в многолетних полевых экспериментах научных учреждений и сельскохозяйственных ВУЗов, в производственных испытаниях агротехнологий в Госсортосети, в передовых хозяйствах. Эта работа требует развития сети зональных научных учреждений по сельскому хозяйству как основы для кадастровой оценки земель и планирования и должна рассматриваться как важнейший итог их деятельности. Нами проведено обобщение результатов полевых опытов за последние 30 лет применительно к основным видам земель по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области и сопредельных областей Южного Урала [5, 8, 10, 15, 20]. В табл. 4 приведены данные выхода зерна с 1 га севооборотной площади в зерно-паровых севооборотах типа: пар – озимая пшеница – яровая пшеница твердая – ячмень в лесостепной и степной зонах и типа пар – яровая пшеница твердая – яровая пшеница мягкая – ячмень в сухостепной зоне. Как видно, на фоне сокращения продуктивности земель от лесостепи к сухой степи происходит значительное ее уменьшение по мере проявления эродированности и солонцеватости почв вплоть до порога рентабельности и ниже при экстенсивных агротехнологиях.

Применение нормальных агротехнологий позволяет существенно увеличить продуктивность всех видов земель. Дальнейшее ее увеличение за счет интенсификации агротехнологий достигается на большей части видов земель Предуральской провинции лесостепной зоны, на плакорных, полугидроморфных и слабоэрозионных землях Заволжской провинции степной зоны. В других провинциях интенсивные технологии в определенной мере возможны по чистым парам.

Комплексная оценка сельскохозяйственных земель как основа для оптимизации землепользования. Землепользование Оренбургской области находится в весьма неблагоприятном состоянии. В пашне велика доля маргинальных земель, в том числе деградированных и деградирующих. Низок уровень эффективности использования плакорных и других земель, не защищенных от истощения и деградации. Значительная часть пахотных земель не используется. Одной из причин отмеченной выше консервативной ситуации в земледелии Оренбургской области является слабое ин-

Таблица 4. Продуктивность и рентабельность использования основных видов земель по природно-сельскохозяйственным провинциям Оренбургской области

Группы земель	Виды земель	Продуктивность, т/га Рентабельность, %		
		экстенсивные технологии	нормальные технологии	интенсивные технологии
Предуральская провинция лесостепной зоны				
Плакорные	$\Psi_{Т}^{г,тс}, \Psi_{В}^{г,тс}$	1.5/98	2.1/116	2.6/136
	$\Psi_{В}^{сс}$	1.4/83	2.0/106	2.5/130
Полугидроморфные	$\Psi_{Л}$	1.6/114	2.3/132	2.9/159
Слабоэрозионные	$\Psi_{Т}^{г,тс} \downarrow, \Psi_{В}^{г,тс} \downarrow$	1.4/85	2.1/111	2.6/135
Среднеэрозионные	$\Psi_{Т}^{г,тс} \downarrow\downarrow, \Psi_{В}^{г,тс} \downarrow\downarrow$	1.1/29	1.4/45	—
Заволжская провинция степной зоны				
Плакорные	$\Psi_{О}^{тс,сс}$	1.2/56	1.6/89	1.9/113
	$\Psi_{Ю}^{тс,сс}$	1.1/49	1.5/85	1.9/110
	$\Psi_{О}^{лс}$	1.1/51	1.5/85	1.9/105
	$\Psi_{Ю}^{лс}$	1.0/34	1.4/58	1.8/88
Полугидроморфные	$\Psi_{Л}$	1.5/89	1.9/96	2.4/121
Слабоэрозионные	$\Psi_{О}^{г,тс} \downarrow, \Psi_{Ю}^{г,тс} \downarrow$	1.1/54	1.5/85	1.8/105
	$\Psi_{О}^{лс} \downarrow, \Psi_{Ю}^{лс} \downarrow$	0.9/25	1.3/54	—
Среднеэрозионные	$\Psi_{О}^{г,тс} \downarrow\downarrow, \Psi_{Ю}^{г,тс} \downarrow\downarrow$	0.8/12	1.1/31	—
	$\Psi_{О}^{лс} \downarrow\downarrow, \Psi_{Ю}^{лс} \downarrow\downarrow$	0.6/—3	0.9/23	—
Малосолонцовые (сн < 25%)	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^{ост}$	0.9/38	1.3/72	—
	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^M$	0.8/13	1.2/45	—
	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^{ср}$	0.7/15	1.0/28	—
	$\Psi_{О,Ю}^{сн}$	1.0/37	1.2/63	—
Среднесолонцовые (сн 25–50%)	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^{ост}$	0.7/26	1.1/48	—
	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^M$	0.7/15	0.9/26	—
	$\Psi_{О,Ю} + C_{Н}^{ср}$	0.6/—2	0.8/22	—
Казахстанская провинция степной зоны				
Плакорные	$\Psi_{О}^{тс,сс}$	1.0/62	1.3/84	—
	$\Psi_{Ю}^{тс,сс}$	0.9/54	1.2/74	—
Полугидроморфные	$\Psi_{Л}$	1.4/58	1.7/95	—

Таблица 4. Окончание

Группы земель	Виды земель	Продуктивность, т/га		
		Рентабельность, %		
		экстенсивные технологии	нормальные технологии	интенсивные технологии
Предуральская провинция лесостепной зоны				
Слабозерозивные	$Ч_0^{г,тс} \downarrow, Ч_{ю}^{г,тс} \downarrow$	0.9/49	1.2/74	—
	$Ч_0^{лс} \downarrow, Ч_{ю}^{лс} \downarrow$	0.8/23	1.1/47	—
Среднеэрозивные	$Ч_0^{тс} \downarrow\downarrow, Ч_{ю}^{тс} \downarrow\downarrow$	0.7/6	1.0/36	—
	$Ч_0^{лс} \downarrow\downarrow, Ч_{ю}^{лс} \downarrow\downarrow$	0.6/-6	0.9/27	—
Малосолонцовые (сн < 25%)	$Ч_{ю}^{сн}$	0.8/33	1.2/65	—
	$Ч_{ю} + C_H^{ост}$	0.8/21	1.1/48	—
	$Ч_{ю} + C_H^M$	0.8/10	1.1/36	—
	$Ч_{ю} + C_H^{ср}$	0.7/5	0.9/	—
Среднесолонцовые (сн 25–50%)	$Ч_{ю} + C_H^{ост}$	0.7/21	1.0/46	—
	$Ч_{ю} + C_H^M$	0.6/7	0.9/27	—
	$Ч_{ю} + C_H^{ср}$	0.4/–6	0.8/26	—
Заволжская провинция сухостепной зоны				
Плакорные	$K_1^{тс, г}$	0.7/24	1.0/49	—
	$K_1^{сс}$	0.6/11	0.9/34	—
Слабозерозивные	$K_1^{тс, г} \downarrow$	0.7/11	0.9/37	—
	$K_1^{сс} \downarrow$	0.6/0.2	0.8/25	—
Среднеэрозивные	$K_1^{тс, г} \downarrow\downarrow$	0.6/6.4	0.8/37	—
	$K_1^{сс} \downarrow\downarrow$	0.5/0.2	0.8/33	—
Малосолонцовые	$K_1 + C_H^{ост}$	0.6/4	0.9/37	—
Казахстанская провинция сухостепной зоны				
Плакорные	$K_1^{тс, г}$	0.7/8	0.9/25	—
	$K_1^{сс}$	0.6/–3	0.8/24	—
Слабозерозивные	$K_1^{тс, г} \downarrow$	0.6/–2	0.8/23	—
Среднеэрозивные	$K_1^{сс} \downarrow\downarrow$	0.5/0	0.7/8	—
Малосолонцовые	$K_1 + C_H^{ср}$	0.6/15	0.9/43	—

Примечание. $Ч_г, Ч_в, Ч_о, Ч_{ю}$ – черноземы типичные (Chernic Chernozems), выщелоченные (Luvic Chernozem), обыкновенные (Haplic Chernozem), южные (Calci-Gloisic Chernozem); $Ч_л$ – лугово-черноземные почвы (Luvic Stagnic Chernic Phaeozem); г – глинистые, тс – тяжелосуглинистые, сс – среднесуглинистые, лс – легкосуглинистые; сн – солонцеватые; $C_H^{ост}$ – солонцы остаточные (Solonetz), C_H^M – солонцы малонатриевые; $C_H^{ср}$ – солонцы средненатриевые; K_1 – темно-каштановые почвы (Haplic Kastanozems); \downarrow – слабосмытые почвы; $\downarrow\downarrow$ – среднесмытые почвы.

новационное обеспечение сельского хозяйства. Имеющиеся достижения научных учреждений и их рекомендации не интегрируются в научно-инновационные системы и не дифференцированы в должной мере в соответствии с различными агроэкологическими условиями.

В данной связи весьма актуальны задачи инвентаризации и оптимизации использования сельскохозяйственных земель области на основе предлагаемой их комплексной оценки.

Очевидно, первоочередной задачей является вывод из активного сельскохозяйственного оборота бесперспективных литогенных, сильноэрозионных и сильносолонцовых земель и упорядочение использования слабо- и среднеэрозионных, а также слабо- и среднесолонцовых земель в специальных адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Таким образом, следует придерживаться принципа экологической безопасности природопользования: если в пашне не обеспечивается мелиорация и защита земельного участка от деградации, он трансформируется в другие угодья – сельскохозяйственные (сенокосы, пастбища) или несельскохозяйственные (для охотничьего хозяйства, создания охраняемых территорий и т. п.). Трансформация таких угодий должна проводиться в системе формирования экологического каркаса территории.

В целом ранжирование земель по направленности и потенциальной эффективности использования осуществляется на основе эколого-экономической оценки по принципу интенсификации земледелия на лучших землях и сокращения технологической нагрузки на маргинальных землях, особенно эрозионных. Наиболее перспективными объектами интенсификации земледелия являются типичные и выщелоченные черноземы Предуральской провинции лесостепной зоны, продуктивность которых может быть значительно увеличена за счет диверсификации растениеводства, в том числе расширения посевов озимой пшеницы, кукурузы, сои при применении минеральных удобрений, которые в настоящее время используются крайне ограничено. Урожайность озимой пшеницы здесь может быть удвоена за счет применения интенсивных (точных) агротехнологий. В степной зоне большим резервом производства озимой, яровой пшеницы и других культур является применение удобрений, особенно фосфорных, учитывая, что часть почв области характеризуется пониженной обеспеченностью подвижным фосфором. В первую очередь необходимо внесение фосфора в паровых полях, площадь которых превышает 1 млн га. В них аккумулируется влага, накапливается минеральный азот и не хватает фосфора. Поэтому регион недобирает 0.3–0.6 т/га зерна по сравнению с удобренностью фосфором дозами 30–60 кг/га д. в.

Разнообразие агроэкологических условий определяет дифференциацию систем обработки почвы, осуществляемую по видам земель. Важным условием систем обработки почвы в Оренбургской области представляется сохранение на поверхности пожнивных остатков и по возможности всей соломы, то есть они должны быть мульчирующими для обеспечения защиты почв от ветровой и водной эрозии и более полного использования зимних осадков за счет задержания снега стерней. Глубина обработки почвы варьирует по видам земель в зависимости от плотности почвы. На значительной части земель, наиболее благополучных по условиям почв и рельефа, возможен прямой посев. Вспашка применяется ограниченно: при заделке органических и больших доз минеральных удобрений и мелиорантов, при подъеме пласта, при особо неблагоприятной фитосанитарной ситуации и др.

Таким образом, предлагаемая оценка земель и потенциальных возможностей их использования создает основу для интенсификации сельского хозяйства. В засушливых районах так называемого рискованного земледелия, осложненного последствиями экстенсивного хозяйствования, данная методология является необходимым условием упорядочения сельскохозяйственного природопользования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, соглашение № 075-15-2020-805 от 2 октября 2020 г.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кирюшин В.И.* Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. 2020. № 7. С. 871–879. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070060>
2. *Кирюшин В.И., Дубачинская Н.Н.* Проблема освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6(86). С. 9–14. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-9-14>
3. *Климентьев А.И.* Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург: Уро РАН, 2000. 436 с.
4. *Климентьев А.И., Чибилев А.А., Блохин Е.В., Грошев И.В.* Красная книга почв Оренбургской области. Екатеринбург: Изд-во Уро РАН, 2001. 295 с.
5. *Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р.* Урожайность яровой твердой пшеницы на фоне раз-

- личных доз и соотношений минеральных удобрений в центре оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2012. № 2. С. 10–13.
6. Кононов В.М., Кононова Н.Д. Оценка экологического состояния агроландшафтов степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2018. № 2. С. 8–11.
 7. Левыкин С.В., Чибилев А.А., Казачков Г.В., Петрищев В.П. Применение почвенно-экологического мультипликативного индекса при оценке пахотно-пригодности южных черноземов Предуралья с учетом экологических показателей // Почвоведение. 2017. № 2. С. 256–263.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X17020101>
 8. Максюттов Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Кафтан Н.А., Зенкова Н.А., Жижин В.Н. Засуха и урожай // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух. Оренбург: ООО Агентство “Пресса”, 2017. С. 29.
 9. Максюттов Н.А., Митрофанов Д.В. Краткие результаты стационарного исследования эффективности различных по крутизне пахотных склонов степной зоны Оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2017. № 5. С. 11–14.
 10. Парамонов А.В., Пасько С.В., Федюшкин А.В., Медведева В.И. Влияние систематического применения удобрений на баланс органического вещества в черноземе обыкновенном и продуктивность десятипольных севооборотов // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2018. № 3. С. 25–28.
 11. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистемы. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
 12. Полуэктов Р.А., Топаж А.Г., Мишель В. Сравнение эмпирического и теоретического подходов в математическом моделировании агросистем на примере описания процесса фотосинтеза // Математическое моделирование. 1998. Т. 10. № 7. С. 25–36.
 13. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. М.: Колос, 1983. 335 с.
 14. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплого режима и продуктивности агроэкосистем. М.: Гидрометеиздат, 1981. 166 с.
 15. Сорока Т.А., Шукин В.Б., Ильясова Н.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при использовании регуляторов роста и препарата “Росток” в технологии ее возделывания на черноземе южном Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2017. № 1. С. 12–13.
 16. Система сухого земледелия Оренбургской области / Под ред. Г.И. Белькова. Уфа, 1992. 242 с.
 17. Система устойчивого ведения сельского хозяйства Оренбургской области / Под ред. Г.И. Белькова. Оренбург, 1999. 336 с.
 18. Тихонов В.Е., Неверов А.А., Кондрашова О.А. Методология долгосрочного прогнозирования урожайности. Оренбург: ООО “Агентство “Пресса”, 2014. 157 с.
 19. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. М.: ФГНУ Росинформагротех, 1999. 15 с.
 20. Федюшкин А.В., Пасько С.В., Парамонов А.В., Медведева В.И. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожай и качество зерна озимой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного ун-та. 2017. № 2. С. 64–68.
 21. Часовских Н.П. Земледелие и растениеводство в Оренбургской области на рубеже тысячелетий (состояние и перспективы развития): монография. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2017. 196 с.
 22. Шапко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. М.: Гидрометеиздат, 1985. 243 с.
 23. Challinor A.J., Ewert F., Arnold S. et al. Crop and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation // J. Experimental Botany. 2009. V. 60. № 10. P. 2775–2789.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erp062>
 24. Xie P., Chen M., Shi W. CPC Unified Gauge-based Analysis of Global Daily Precipitation // Western Pacific Geophysics Meeting. Cairns. Australia. 29 July–1 August. 2008.
 25. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., Hirahara S. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly J. the Royal Meteorological Society. 2020. V. 146. № 730. P. 1999–2049.
<https://doi.org/10.1002/qj.3803>
 26. Rockström J., Falkenmark M. Semiarid crop production from a hydrological perspective: gap between potential and actual yields // Critical reviews in plant sciences. 2000. V. 19. № 4. P. 319–346.
<https://doi.org/10.1080/07352680091139259>

Multifactorial Assessment of Agricultural Land Exemplified by the Southern Urals Region

V. I. Kiryushin^{1, *}, N. N. Dubachiskaya², and A. Yu. Yurova¹

¹Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 119017 Russia

²Orenburg State Agrarian University, Orenburg, 460027 Russia

*e-mail: vkiryushin@rambler.ru

The task of a multifactorial assessment of agricultural lands is reduced to identifying their common features in terms of agroecological and economic conditions that determine the direction and efficiency of the land

use. It is achieved by the hierarchical approach: natural-agricultural zone, province, group, type of land and exemplified by the Southern Urals within the Orenburg region. This territory is located in the forest-steppe, steppe and dry-steppe zones, represented by various provinces. In each province, agroecological groups of upland, semihydromorphic, erosional, solonetz, lithogenic, floodplain lands have been identified, for which adaptive landscape farming systems have been developed. Within the groups, the types of land are allocated to specific agricultural technologies. Based on the generalization of the long-term field experiments data, an assessment of the productivity of the main types of land and the economic efficiency of their use at three levels of agricultural intensification is given. On the basis of the proposed methodology of land assessment, the optimization of agricultural environmental management is suggested.

Keywords: agroecological grouping of lands, agroclimatic assessment, soil cover, adaptive landscape farming systems, land use economic efficiency