

DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-40-49

УДК 631.67 (571.13)

Бойко В. С., Тимохин А. Ю., Михайлов В. В.

ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Реферат. Нерациональное орошение черноземных почв может привести к вторичному засолению и другим негативным последствиям. Цель исследований – оценить плодородие и гидрохимический состав длительно орошаемых лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири на примере СПК «Пушкинский» и ФГУП «Омское», применяющих адаптивную систему орошаемого земледелия. Исследования проводили в 2015–2020 гг. на Пушкинской оросительной системе. Объект исследований – орошаемая лугово-черноземная тяжелосуглинистая почва. Использовали методы маршрутного полевого исследования и лабораторные анализы. Полученные результаты сравнивали с исходными значениями (1978 г.). При длительном орошении и интенсивном сельскохозяйственном использовании показатели плодородия лугово-черноземной почвы не ухудшились. Пахотные горизонты имели нейтральную и близкую к нейтральной реакцию среды (5,8–6,2 ед. рН), содержание гумуса – 5,9–7,2 %. Обеспеченность нитратным азотом находилась на низком и среднем уровне (6,0–14,7 мг/кг) из-за высокого выноса культурами и закономерного отсутствия парового поля в структуре орошаемой пашни. Многолетнее систематическое внесение фосфорсодержащих удобрений и создание положительного баланса улучшило фосфатный статус почвы (99–177 мг/кг). Содержание обменного калия высокое (144–353 мг/кг) и стабильно во времени, что является особенностью черноземных почв тяжелого гранулометрического состава. Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия не превышает ориентировочно допустимые концентрации. При анализе катионно-анионного состава водной вытяжки почвенного профиля ФГУП «Омское» выявлено слабое засоление по хлоридному типу в слое 0,6–1,4 м и по сульфатно-хлоридному типу в слое 1,4–1,8 м, что в будущем может привести к вторичному засолению. Поглощающий комплекс лугово-черноземной почвы насыщен основаниями, концентрация натрия минимальная, преобладают катионы кальция и магния. Грунтовые воды умеренно пресные. Среди анионов превалирует HCO_3^- , среди катионов – Mg^{2+} и Ca^{2+} , что говорит о необходимости контроля за уровнем грунтовых вод для поддержания благоприятного экологического состояния почвы.

Ключевые слова: плодородие, орошаемые земли, почвенный поглощающий комплекс, катионно-анионный состав, засоление, Омская область.

Для цитирования: Бойко В. С., Тимохин А. Ю., Михайлов В. В. Плодородие орошаемых земель в южной лесостепи Омской области // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 40–49. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-40-49.

For citation: Boiko V. S., Timokhin A. Yu., Mikhailov V. V. Fertility of irrigated lands in the south forest-steppe of the Omsk region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 40–49. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-40-49.

Введение

Сельскохозяйственное производство Омской области является одним из наиболее развитых в Российской Федерации. По объемам производства продукции сельского хозяйства область входит в десятку крупнейших регионов России. Его эффективность

неразрывно связана с сохранением и воспроизводством плодородия земель [1]. Интенсивная сельскохозяйственная деятельность является одной из причин деградации окружающей среды, в том числе почвы [2–4]. Ряд отечественных и зарубежных фундаментальных работ указывает на приоритетность мониторинга показателей плодородия при оценке устойчивости агроландшафтов и анализе геохимической стабильности почвенного тела в условиях естественных и техногенных преобразований [5–8]. Разнообразие процессов, протекающих в почве и определяющих ее плодородие, складывается в обширный комплекс явлений, а в основе питательного режима лежит химическое превращение минеральных и органических веществ, происходящее при значительном участии микробиологических процессов и осложненное рядом физико-химических явлений [9, 10].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и приемы регулирования плодородия почв основаны на структуре посевов и севооборотах, обработке почвы, удобрениях и средствах защиты растений, химических мелиорантах, орошении и осушении, почвозащитных мероприятиях [11–14]. При этом степень воздействия определяется динамикой ряда агрофизических, агрохимических, биологических и экологических показателей, мониторинг которых позволяет определить степень загрязнения среды отходами промышленности, тяжелыми металлами, пестицидами и радионуклидами [15, 16].

В лесостепной зоне Западной Сибири в летний период из-за неравномерного распределения осадков сельскохозяйственные культуры испытывают недостаток почвенной влаги, что негативно влияет на их рост и развитие во время всего периода вегетации [17–19].

Вода – важнейший ресурс, без которого невозможен ни один процесс, происходящий в почве и растениях. Оптимальное количество влаги в почве не только обеспечивает ее плодородие, но и влияет на урожайность возделываемых культур [20–22].

Нерациональная мелиорация при орошении лугово-черноземных и черноземных почв на юге Омской области приводит к вторичному засолению, связанному с подъемом сильноминерализованных грунтовых вод, дегумификации, увеличению доли магния и натрия в почвенно-поглощающем комплексе, изменению рН, что способствует снижению показателей их плодородия [23, 24].

На мелиорируемых почвах нужно использовать пресную воду определенного минерального состава, а для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур применять специально разработанную агротехнологию, включающую почвозащитную обработку почв, оптимизацию их азотного, фосфорного и калийного питания и другие приемы.

Цель исследований – оценить плодородие и гидрохимический состав длительно орошаемых лугово-черноземных почв лесостепи Западной Сибири на примере СПК «Пушкинский» и ФГУП «Омское», применяющих адаптивную систему орошаемого земледелия.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в СПК «Пушкинский» и ФГУП «Омское» в южной лесостепи Омской области, на землях которых расположена Пушкинская оросительная система. Образцы почвы и грунтовой воды отбирали в июле 2015–2020 гг.

Омский район расположен в центральной части Омской области. Рельеф территории характеризуется как слабоволнистая равнина с выраженным микрорельефом, по прииртышскому увалу расчлененная глубокими оврагами с плоскими понижениями. Практически 90 % посевной площади пашни представлено почвами черноземного типа. Лугово-черноземные почвы являются полугидроморфными аналогами черноземов, которые образовались под травянистой растительностью при уровне грунтовых вод 3–6 м и имеют свойства близкие к

черноземам. Для агроландшафтов южной лесостепи характерны маломощность почв, невысокие запасы гумуса, постоянный дефицит продуктивной влаги, быстрая выпаживаемость и разрушение структуры, тяжелый гранулометрический состав, податливость почв эрозионным процессам [25].

Южно-лесостепная зона имеет благоприятную теплообеспеченность и недостаточное (в большинстве лет) увлажнение. Годовое количество осадков составляет 350–400 мм. За теплый период (выше 5 °С) количество осадков составляет 160–210 мм. Осадки весенне-летнего периода неустойчивы, часто носят ливневый характер и распределяются крайне неравномерно. Количество дней с атмосферной засухой составляет 8–16, в отдельные годы – до 35–40. Количество лет с выраженной засухой – около 30 %.

Продолжительность безморозного периода составляет 110–130 суток, периода с активными температурами более 10 °С – 125–130 суток со средней нормой установления с 12 мая до 19 сентября.

Объект исследований – орошаемая лугово-черноземная, среднемощная, среднегумусная, тяжелосуглинистая почва.

В ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский»» в лугово-черноземной почве определяли рН по ГОСТ 26483-85, органическое вещество (гумус) – по Тюрину, ГОСТ 26213-91, нитраты в слое 0–0,4 м – ГОСТ 26488-85, подвижный фосфор и обменный калий в слое 0–0,2 м – по Чирикову, ГОСТ 26204-91. В работе использовали методы маршрутного полевого исследования и лабораторные анализы.

В исходной почве (1978 г.) содержание нитратного азота весной составляло в слое 0–0,4 м 5,0–9,4 мг/кг при ее отвальной обработке на различную глубину и 2,7–6,1 мг/кг почвы при безотвальной рыхлении, то есть содержание было низким. Содержание подвижного фосфора (по Чирикову) было средним (89 мг/кг) в слое 0–0,2 м и 78 мг/кг почвы в подпахотном слое. Калий более стабилен на высоком уровне в пахотном и подпахотном горизонтах – 212 и 185 мг/кг (по Чирикову) соответственно. Верхний слой почвы (1,0–1,4 м) не засолен, на глубине 3–4 м содержание солей варьирует от слабого до среднего засоления. Реакция среды в пахотном слое преимущественно нейтральная (7,0–7,1), глубже, в карбонатных горизонтах – щелочная (до 8,4). Содержание гумуса в слое 0–0,2 м – 6,5–7,0 т/га (среднегумусная) при запасе в метровой толще 297–363 т/га.

Результаты и их обсуждение

Содержание в почве гумуса, нитратного азота, фосфора, калия и значение рН в пахотном слое свидетельствуют об уровне ее плодородия. Концентрация тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк и др.) характеризует степень загрязнения почвы, при этом скорость протекания данного процесса определяется типами почв и элементов рельефа [26–28]. Полноценное питание растений повышает урожайность, улучшает качество урожая. У зерновых возрастает доля зерна в общем урожае, повышается засухоустойчивость, зимостойкость и др. [29–31].

Результаты обследования показали, что почва орошаемых массивов СПК «Пушкинский» имеет нейтральную и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, благоприятную для возделывания основных сельскохозяйственных культур (таблица 1).

Содержание гумуса по градации Гришиной и Орлова [32] оценивалось как среднее. Содержание нитратного азота в орошаемой почве находилось преимущественно на уровне низкого и среднего, что говорит о дефиците минерального питания и необходимости применения минеральных удобрений на полях с низкой и средней обеспеченностью этим элементом.

Обеспеченность растений подвижным фосфором находилась в градации повышенного содержания. Однако такое его содержание является недостаточным для

формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и необходимо систематическое внесение фосфорсодержащих удобрений. Анализ почвенных образцов выявил на всех полях высокое и очень высокое содержание обменного калия (167–353 мг/кг).

**Таблица 1 – Агрохимические свойства почв, СПК «Пушкинский»
(среднее за 2017 и 2020 гг.)**

Поле	рН	Гумус, %	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Тяжелые металлы, мг/кг почвы		
						Pb	Cd	Zn
4	5,8	6,4	7,0	119	281	0,63	0,037	0,45
5	5,8	6,6	12,0	130	318	0,64	0,034	0,43
9	5,8	6,5	9,7	142	167	0,64	0,043	0,49
10	5,8	6,5	11,5	136	144	0,60	0,043	0,47
11	5,9	5,9	10,4	119	150	0,53	0,042	0,54
14	5,8	6,4	6,9	140	170	0,44	0,023	0,50
17	5,9	7,2	11,1	177	353	0,72	0,028	0,63
18	5,9	6,8	6,0	133	184	0,47	0,032	0,50
25	6,0	6,7	8,4	99	167	0,73	0,043	0,49

Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия находилось в концентрациях, не превышавших ориентировочно допустимые (ОДК) (СанПиН 1.2.3685-21), что характеризует почвы как незагрязненные.

На всех полях орошаемого массива ФГУП «Омское» отмечено среднее содержание гумуса – 6,5–6,8 %, нейтральная и близкая к нейтральной реакция почвенной среды – 5,8–6,2 (таблица 2).

**Таблица 2 – Агрохимические свойства почв, ФГУП «Омское»
(среднее за 2015 и 2018 гг.)**

Поле	рН	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/кг почвы в слое 0–0,4 м	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы в слое 0–0,2 м	K ₂ O, мг/кг почвы в слое 0–0,2 м	Тяжелые металлы, мг/кг почвы		
						Pb	Cd	Zn
1	5,8	6,7	6,7	144	209	0,60	0,058	0,43
2	6,0	6,6	14,7	107	170	0,49	0,030	0,44
3	6,0	6,5	13,5	130	164	0,80	0,055	0,37
4	5,9	6,6	11,6	142	185	0,60	0,042	0,38
5	5,8	6,7	9,2	154	172	0,55	0,040	0,36
6	6,2	6,8	8,9	173	184	0,75	0,049	0,36

Содержание нитратного азота преимущественно среднее, что свидетельствует о необходимости внесения азотных удобрений. Количество подвижного фосфора варьирует от 107 до 173 мг/кг почвы и находится в градации повышенного или высокого. Содержание обменного калия в орошаемой лугово-черноземной почве более 164 мг/кг почвы и соответствует высокой обеспеченности.

Содержание подвижных форм свинца, цинка и кадмия находилось в пределах, не превышающих ОДК, что также характеризует почвы как незагрязненные. Анализ катионно-анионного состава почвенного профиля орошаемых земель СПК «Пушкинский» выявил отсутствие засоления при нейтральной реакции среды в метровом слое (6,4–7,2) и повышении щелочности в более глубоких горизонтах (8,1–8,2) (таблица 3). Концентрация анионов и катионов, в том числе и наиболее токсичных солей не достигает пороговых значений, при которых происходит угнетение культур.

Исследование катионно-анионного состава почвенного профиля орошаемых полей в ФГУП «Омское» выявило засоление слабой степени по хлоридному типу в слое почвы 0,6–1,4 м и по сульфатно-хлоридному типу в слое почвы 1,4–1,8 м (таблица 4).

Таблица 3 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, СПК «Пушкинский» (среднее за 2017 и 2020 гг.)

Показатель	Слой почвы, м							
	0,0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0	1,0–1,2	1,2–1,4	1,4–1,8
рН водный, ед. рН	6,4	7,3	7,2	7,7	7,2	8,1	8,2	8,1
Плотный остаток, %	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0,113	0,133	0,139
Карбонат-ион, ммоль/100 г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100 г	0,25	0,56	0,56	0,56	0,56	1,05	0,86	0,79
Хлорид-ион, ммоль/100 г	0,04	0,08	0,04	0,04	0,12	0,08	0,04	0,08
Кальций, ммоль/100 г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Магний, ммоль/100 г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100 г	0,50	0,85	0,75	0,85	1,00	1,05	1,30	1,30
Сульфат-ион, ммоль/100 г	0,31	0,69	0,44	0,54	0,61	0,31	0,88	1,01

Таблица 4 – Катионно-анионный состав водной вытяжки, ФГУП «Омское» (среднее за 2015 и 2018 гг.)

Показатель	Слой почвы, м							
	0,0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0	1,0–1,2	1,2–1,4	1,4–1,8
рН водный, ед. рН	6,9	6,6	7,5	7,8	7,4	7,5	7,4	7,6
Плотный остаток, %	< 0,100	< 0,100	0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Карбонат-ион, ммоль/100 г	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Бикарбонат-ион, ммоль/100 г	0,33	0,13	0,79	0,42	0,48	0,52	0,40	0,55
Хлорид-ион, ммоль/100 г	0,08	0,04	0,04	0,46	0,47	0,39	0,47	0,43
Кальций, ммоль/100 г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Магний, ммоль/100 г	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Натрий, ммоль/100 г	0,55	0,35	0,65	0,55	0,55	0,60	0,60	0,70
Сульфат-ион, ммоль/100 г	0,53	0,57	0,50	0,15	0,08	0,08	0,12	0,20

Выявленное слабое засоление, начинающееся с 0,6 м, особенно для полугидроморфной лугово-черноземной почвы с уровнем залегания грунтовых вод 2,5–3,0 м [10], в будущем может привести к изменению морфометрических характеристик сельскохозяйственных культур, а также к нарушению азотного обмена [33], что повлияет на их урожайность и качество.

Поглощающий комплекс лугово-черноземной почвы в южной лесостепи насыщен основаниями, в основном это Са, в небольших объемах от ППК – Mg и менее 1 % от емкости катионного обмена (ЕКО) составляет Na – 0,68 % в слое 0,0–0,2 м и 0,23 % в подпахотном горизонте (таблица 5).

Таблица 5 – Поглощающий комплекс лугово-черноземной почвы, Пушкинская ОС (среднее за 2015 и 2018 гг.)

Показатель	Слой почвы, м	
	0,0–0,2	0,2–0,4
Емкость катионного обмена, мг-экв /100 г	54,6	55,6
Натрий обменный, ммоль /100г, % от ЕКО	0,28/0,51	0,40/0,72

В южной лесостепи проблема высокого уровня грунтовых вод стоит достаточно остро. В этом случае основой профилактики должен стать строго

нормированный полив пресной оросительной водой из имеющихся речных источников (р. Иртыш и р. Омь).

Грунтовая вода из наблюдательных скважин в исследованных образцах умеренно пресная, хорошего качества, ирригационный коэффициент – 37,2 (скважина 1) и 78,7 (скважина 2). Величина сухого остатка изменялась от 0,701 до 0,984 г/л при рН – 7,9 (таблица 6).

Таблица 6 – Катионно-анионный состав грунтовой воды, Пушкинская ОС (среднее за 2015 и 2018 гг.)

Образец	рН	Сухой остаток, г/л	Содержание катионов и анионов, ммоль/л					
			г/л					
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻
Скважина 1	7,9	0,984	<u>8,78</u>	<u>0,86</u>	<u>3,60</u>	<u>5,54</u>	<u>4,30</u>	<u>3,80</u>
			0,535	0,030	0,072	0,066	0,099	0,182
Скважина 2	7,9	0,701	<u>7,01</u>	<u>0,39</u>	<u>4,18</u>	<u>3,02</u>	<u>2,10</u>	<u>1,90</u>
			0,428	0,014	0,084	0,036	0,048	0,091

Среди анионов превалировал HCO₃⁻, среди катионов – Mg²⁺ и Ca²⁺, что говорит о необходимости строгого контроля за уровнем грунтовых вод для поддержания благоприятного экологического состояния лугово-черноземной почвы. Также важно не допустить повышения содержания катионов натрия, чтобы не произошло вторичного засоления лугово-черноземной почвы и превращения ее в солонцеватую.

Выводы

Исследования показали, что при длительном (40 лет) орошении и интенсивном сельскохозяйственном использовании показатели плодородия лугово-черноземной почвы практически не ухудшились. Пахотные горизонты лугово-черноземной почвы имеют нейтральную и близкую к нейтральной реакцию среды (рН 5,8–6,2), среднее содержание гумуса (5,9–7,2 %). Обеспеченность нитратным азотом осталась на низком и среднем уровне (6,0–14,7 мг/кг) по причине высокого выноса вегетирующими культурами и закономерного отсутствия парового поля в структуре орошаемой пашни. Благодаря многолетнему систематическому внесению фосфорсодержащих удобрений произошло улучшение фосфатного статуса почвы (99–177 мг/кг), который определяет уровень продуктивности пашни. Содержание обменного калия остается высоким (144–353 мг/кг) и стабильным во времени, что является особенностью черноземных почв тяжелого гранулометрического состава. Содержание в почвах подвижных форм свинца, цинка и кадмия находится в концентрациях, не превышающих ориентировочно допустимые показатели.

Существенного засоления пахотных горизонтов орошаемых массивов не происходит. Концентрация натрия в почвенно-поглощающем комплексе минимальная – 0,68 % в слое 0,0–0,2 м и 0,23 % от ЕКО в подпахотном горизонте, преобладают кальций и магний. Содержание натрия в грунтовой воде (0,048–0,099 г/л) уступает кальцию и магнию. Необходимо проведение постоянного мониторинга за гидрохимическим составом поливных и грунтовых вод.

Литература

1. Храмов И. Ф., Чекусов М. С., Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А. Агроэкологическая оценка длительного применения удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 104–107. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.20.
2. Gomiero T. Soil degradation, land scarcity and food security: reviewing a complex challenge // Sustainability. 2016. No. 8. P. 281. DOI: 10.3390/su8030281.
3. Page K. L., Dang Y. P., Dalal R. C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2020. No. 4. P. 31. DOI: 10.3389/fsufs.2020.00031.

4. Макаров О. А., Строков А. С., Цветнов Е. В., Абдулханова Д. Р., Красильникова В. С., Щербакова Л. С. Оценка ущерба от деградации почв и земель субъектов Российской Федерации // Земледелие. 2020. № 6. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10601.
5. Kuan H. L., Hallett P. D., Griffiths B. S., Gregory A. S., Watts C. W., Whitmore A.P. The biological and physical stability and resilience of selection of Scottish soils to stresses // European J Soil Science. 2007. No. 58. P. 811–821. DOI: 10.1111/j.1365-2389.2006.00871.x.
6. Зайдельман Ф. Р. Деградация почв как результат антропогенной трансформации их водного режима и защитные мероприятия // Почвоведение. 2009. № 1. С. 93–105.
7. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. М.: МГУ, 2012. 412 с.
8. Jaskulska I., Romaneckas K., Jaskulski D., Gałęzewski L., Breza-Boruta B., Dębska B., Lemanowicz J. Soil Properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology // Agronomy. 2020. No. 10. Art. No. 1596. DOI: 10.3390/agronomy10101596.
9. Козлов А. В., Куликова А. Х., Селицкая О. В., Уромова И. П. Устойчивость микробиологической активности дерново-подзолистой почвы в условиях применения диатомита и цеолита // Вестник Томского государственного университета. Серия «Биология». 2019. № 46. С. 26–47. DOI: 10.17223/19988591/46/2.
10. Шулико Н. Н., Хамова О. Ф., Воронкова Н. А., Тукмачева Е. В., Дороненко В. Д. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя // Агрохимия. 2019. № 2. С. 13–20. DOI: 10.1134/S0002188119020133.
11. Бойко В. С. Полевое кормопроизводство на орошаемых черноземах в лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2019. 312 с.
12. Аканова Н. И. Эффективные решения повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2020. № 2 (113). С. 29–32. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.09.
13. Пронько В. В., Пронько Н. А., Рухович О. В., Ярошенко Т. М., Журавлев Д. Ю., Климова Н. Ф. Плодородие орошаемых каштановых почв сухой степи Поволжья и эффективность удобрений // Плодородие. 2020. №5 (116). С. 10–15. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.03.
14. Ледовский Е. Н., Доронин В. Г. Влияние азотных удобрений и их баковых смесей с гербицидами и фунгицидом на урожайность яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1 (73). С. 82–86. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-82-86.
15. Туkenова З. А., Алимжанов М. Б., Ашимулы К., Акылбекова Т. Н. Влияние применения удобрений на физико-химические и биологические свойства почв в зоне орошения и богары юго-востока Казахстана // Агрохимия. 2021. № 5. С. 21–36. DOI: 10.31857/S0002188121050124.
16. Юшкевич Л. В., Хамова О. Ф., Щитов А. Г., Шулико Н. Н., Тукмачева Е. В. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.14.
17. Храмов И. Ф., Бойко В. С., Юшкевич Л. В., Воронкова Н. А., Тимохин А. Ю., Балабанова Н. Ф., Чибис В. В., Ледовский Е. Н., Доронин В. Г., Мансапова А. И., Поползухин П. В., Николаев П. Н., Белан И. А., Василевский В. Д.; Чекусов М. С., Кем А. А., Бушухина Л. Л. Система адаптивного земледелия Омской области. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2020. 522 с.
18. Шапорина Н. А., Сайб Е. А., Соловьев С. В., Филимонова Д. А., Безбородова А. Н., Миллер Г. Ф. Анализ изученности эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель юга Западной Сибири // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 4. С. 161–181.
19. Тимохин А. Ю., Бойко В. С. Зернобобовые культуры в системе орошаемого агроценоза. Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. 164 с.
20. Фомин Л. В. Регуляция водного режима растений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 8. С. 124–135.
21. Иванова Н. А., Гурина И. В., Шемет С. В. Влияние водного режима почв на продуктивность сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 4. С. 124–135.
22. Курбанов С. А. Сохранение и повышение плодородия почв – основа увеличения эффективности земледелия Дагестана // Земледелие. 2021. № 4. С. 16–20. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10404.
23. Бауер А. Ю., Рейнгард Я. Р., Ивлева Т. А. Эволюция черноземных почв в современных экологических условиях юга Омской области // Вестник КрасГАУ. 2015. № 8. С. 66–70.
24. Аксенова Ю. В. Динамика свойств лугово-черноземных почв в условиях длительного орошения // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 5. С. 30–32.
25. Проблемы почвенного плодородия Омской области. ФГБУ «ЦАС «Омский». Омск: Вариант-Омск, 2012. 288 с.
26. Клименко О. Е., Плугатарь Ю. В., Клименко Н. И., Клименко Н. Н. Влияние приемов биологизации на содержание некоторых тяжелых металлов в почве и виноградном растении // Агрохимия. 2019. № 7. С. 83–96. DOI 10.1134/S0002188119070056.
27. Бобренко И. А., Матвейчик О. А., Бобренко Е. Г. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах и растениях лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2(167). С. 65–72. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-65-72.

28. Савич В. И., Торшин С. П., Сорокин А. Е., Гукалов В. В., Рашкович В. Н. Агроэкологическая оценка скорости физико-химических процессов, протекающих в почвах // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 58–62. DOI 10.24412/1029-2551-2021-2-012.
29. Якименко В. Н., Конарбаева Г. А., Бойко В. С., Тимохин А. Ю. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в почвах агроценозов Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2020. № 12. С. 52–57. DOI: 10.18412 / 1816-0395-2020-12-52-57.
30. Завьялова Н. Е., Васбиева М. Т., Шишков Д. Г. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, содержание основных элементов питания и тяжелых металлов в озимой ржи // Агрохимия. 2021. № 4. С. 49–56. DOI: 10.31857/S0002188121040153.
31. Мнатсакянян А. А., Чуварлеева Г. В., Васюков П. П., Быков О. Б. Система обработки почвы как фактор воспроизводства почвенного плодородия на черноземе выщелоченном Краснодарского края // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3. С. 78–87.
32. Когут М. Б. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // Почвоведение. 2012. № 9. С. 944–952.
33. Иванищев В. В., Евграфкина Т. Н., Бойкова О. И., Жуков Н. Н. Засоление почвы и его влияние на растение // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. № 3. С. 28–42.

References

1. Khramtsov I. F., Chekusov M. S., Voronkova N. A., Balabanova N. F., Volkova V. A. Agroecological assessment of long-term fertilizers application on chernozem soil in Western Siberia // Plodorodie. 2021. No. 3 (120). P. 104–107. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.20.
2. Gomiero T. Soil degradation, land scarcity and food security: reviewing a complex challenge // Sustainability. 2016. No. 8. P. 281. DOI:10.3390/su8030281.
3. Page K. L., Dang Y. P. and Dalal R. C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2020. No. 4. P. 31. DOI: 10.3389/fsufs.2020.00031.
4. Makarov O. A., Stokov A. S., Tsvetnov E. V., Abdulkhanova D. R., Krasilnikova V. S., Shcherbakova L. S. Assessment of damage from the soil and land degradation in subjects of the Russian Federation // Zemledelie. 2020. No. 6. P. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10601.
5. Kuan H. L., Hallett P. D., Griffiths B. S., Gregory A. S., Watts C. W., Whitmore A.P. The biological and physical stability and resilience of selection of Scottish soils to stresses // European J Soil Science. 2007. No. 58. P. 811–821. DOI:10.1111/j.1365-2389.2006.00871.x.
6. Zaidel'man F. R. Degradation of soils as a result of human-induced transformation of their water regime and soil-protective practice // Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42. No. 1. P. 82–92. DOI: 10.1134/S1064229309010116.
7. Dobrovolskiy G. V., Nikitin E. D. Ecology of soils. Moscow: Moscow State University Publ., 2012. 412 p.
8. Jaskulska I., Romaneckas, K., Jaskulski D., Gałęzewski L., Breza-Boruta B., Dębska B., Lemanowicz J. Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology // Agronomy. 2020. No. 10. Art. No. 1596. DOI: 10.3390/agronomy10101596.
9. Kozlov A. V., Kulikova A. H., Selitskaya O. V., Uromova I. P. Stability of microbiological activity of the sod-podsolic soil when applying diatomite and zeolite // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Tomsk State University Journal of Biology]. 2019. No. 46. P. 26–47. DOI: 10.17223/19988591/46/2.
10. Shuliko N. N., Khamova O. F., Voronkova N. A., Tukmacheva E. V., Doronenko V. D. Effect of the complex fertilization and biopreparations on effective fertility of leached chernozem and barley productivity // Agrohimiya. 2019. No. 2. P. 13–20. DOI: 10.1134/S0002188119020133.
11. Boiko V. S. Field fodder production on irrigated chernozems in the forest-steppe of Western Siberia. Omsk: IP Maksheeva E. A. Publ., 2019. 312 p.
12. Akanova N. I. Effective solutions for soil fertility and yield increasing // Plodorodie. 2020. No. 2 (113). P. 29–32. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.09.
13. Pronko V. V., Pronko N. A., Rukhovich O. V., Yaroshenko T. M., Zhuravlev D. Yu., Klimova N. F. Fertility of irrigated chestnut soils of the dry steppe of the Volga region and efficiency of fertilizers // Plodorodie. 2020. No. 5 (116). P. 10–15. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.03.
14. Ledovsky E. N., Doronin V. G. The effect of nitrogen fertilizers and their tank mixtures with herbicides and fungicides on spring wheat productivity // Grain Economy of Russia. 2021. No. 1 (73). P. 82–86. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-82-86.
15. Tukenova Z. A., Alimzhanova M. B., Ashimuly K., Akyzbekova T. N. Effect of fertilizers on the physical, chemical and biological properties of soils in the irrigation and bogara zone of the south-east of Kazakhstan // Agrohimiya. 2021. No. 5. P. 21–36. DOI: 10.31857/S0002188121050124.
16. Yushkevich L. V., Hamova O. F., Schitov A. G., Suliko N. N., Tukmacheva E. V. Agroecological specifics of barley cultivation in the forest-steppe of Western Siberia // Plodorodie. 2019. No. 4 (109). P. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.14.

17. Khramtsov I. F., Boiko V. S., Yushkevich L. V., Voronkova N. A., Timokhin A. Yu., Balabanova N. F., Chibis V. V., Ledovskiy E. N., Doronin V. G., Mansapova A. I., Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Belan I. A., Vasilevsky V. D.; Chekusov M. S., Kem A. A., Bushukhina, L. L. The system of adaptive agriculture in the Omsk region. Omsk: IP Maksheeva E. A. Publ., 2020. 522 p.
18. Shaporina N. A., Sayb E. A., Soloviev S. V., Filimonova D. A., Bezborodova A. N., Miller G. F. State of knowledge analysis of the ecological and reclamation state of irrigated lands in the south of Western Siberia // Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2020. No. 4. P. 161–181. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-161-181.
19. Timokhin A. Yu., Boiko V. S. Leguminous crops in the irrigated agrocenosis system: monograph. Omsk: FSBSI “Omsk ASC”, 2021. 164 p.
20. Fomin L. V. Regulation of the water regime of plants // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. No. 8. P. 124–135.
21. Ivanova N. A., Gurina I. V., Shemet S. V. Influence of soil water regime on crop productivity // Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2014. No. 4. P. 124–135.
22. Kurbanov S. A. Preservation and improvement of soil fertility is the basis for improving the farming efficiency in Dagestan // Zemledelie. 2021. No. 4. P. 16–20. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10404.
23. Bauer A. Yu., Reingard Ya. R., Ivleva T.A. Chernozem soils evolution in modern ecological conditions in the Omsk region south // The Bulletin of KrasGAU. 2015. No. 8. P. 66–70.
24. Aksenova Yu. V. Dynamics of properties of meadow-chnozem soils under conditions of prolonged irrigation // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2016. No. 5. P. 30–32.
25. Problems of soil fertility of the Omsk region. Omsk: Variant-Omsk, 2012. 288 p.
26. Klimenko O. E., Plugatar Yu. V., Klimenko N. I., Klimenko N. N. Impact of biologizatio on content of some heavy metals in soil and grape plant // Agrohimia. 2019. No. 7. P. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119070056.
27. Bobrenko I. A., Matveychik O. A., Bobrenko E. G. The content of heavy metals and arsenic in soils and plants of the forest-steppe of Western Siberia // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 2(167). P. 65–72. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-65-72.
28. Savich V. I., Torshin S. P., Sorokin A. E., Gukalov V. V., Rashkovich V. N. Agroecological evaluation of soil physical-chemical processes speed // Agrochemical Herald. 2021. No. 2. P. 58–62. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-012.
29. Yakimenko V. N., Konarbaeva G. A., Boiko V. S., Timokhin A. Yu. Ecological evaluation of the content of heavy metals in soils of agrocenosis of Western Siberia // Ecology and Industry of Russia. 2020. No. 12. P. 52–57. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-12-52-57.
30. Zavyalova N. E., Vasbieva M. T., Shyshkov D. G. Influence of the mineral fertilizers on sod-podzolic soil fertility, content of major nutrients and heavy metals in winter rye // Agrohimia. 2021. No. 4. P. 49–56. DOI: 10.31857/S0002188121040153.
31. Mnatsakanyan A. A., Chuvarleeva G.V., Vasyukov P. P., Bykov O.B. Soil cultivation system as a factor of improvement of soil fertility on chernozems leached in Krasnodar region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 3. P. 78–87. DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.09.
32. Kogut M. B. Assessment of humus content in arable soils of Russia // Pochvovedenie. 2012. No. 9. P. 944–952.
33. Ivanishchev V. V., Evgrashkina T. N., Boykova O. I., Zhukov N. N. Soil salinization and its influence on the plant // Izvestija Tulsogo Gosudarstvennogo Universiteta. Nauki O Zemle. 2020. No. 3. P. 28–42.

UDC 631.67 (571.13)

Boiko V. S., Timokhin A. Yu., Mikhailov V. V.

FERTILITY OF IRRIGATED LANDS IN THE SOUTH FOREST-STEPPE OF THE OMSK REGION

Summary. *Unsustainable irrigation of chernozems can lead to secondary salinization and other negative consequences. The purpose of the research was to assess the fertility and hydrochemical composition of meadow-chnozem soil of the forest-steppe of Western Siberia under conditions of prolonged irrigation. The surveys were carried out in the fields of the agricultural production cooperative (APC) “Pushkinsky” and Federal State Unitary Enterprise (FSUE) “Omskoye”; cultivation technology – adaptive system of irrigated agriculture. The studies were conducted in 2015–2020 on the Pushkin irrigation system. The object of the research – irrigated meadow-chnozem heavy loamy soil. The methods of route field research and laboratory analyzes were used. The results obtained were compared with the baseline values (1978). With long-term irrigation and intensive agricultural use, the fertility indicators of meadow-chnozem soil did not significantly*

deteriorate. The arable horizons have a neutral and close to neutral reaction (pH 5.8–6.2), average humus content (5.9–7.2%). The supply of nitrate nitrogen, as a rule, remained at a low and medium level (6.0–14.7 mg/kg) due to the high removal by vegetative crops and the absence of fallow fields in the structure of irrigated arable land. Long-term systematic application of phosphorus-containing fertilizers and creation of a positive P balance led to the improvement of soil phosphate status (99–177 mg/kg). The content of exchangeable potassium remains high (144–353 mg/kg) and is stable over time, which is a feature of chernozems with a heavy particle size distribution. The content of mobile forms of lead, zinc and cadmium does not exceed approximate permissible concentrations in the soil. When analyzing the cation-anionic composition of the water extract of the soil profile of FSUE “Omskoe”, a weak salinity of the chloride type was revealed in the 0.6-1.4 m layer; of the sulfate-chloride type – in the 1.4-1.8 m layer. In the future, it may lead to secondary salinization and serve as a limiting factor for high yields. The absorbing complex of meadow-chernozem soil in the southern forest-steppe is highly saturated with bases. Sodium concentration is minimal; calcium and magnesium cations prevail. The groundwater samples are moderately fresh and of good quality. Among the anions, HCO_3^- prevails, among the cations – Mg^{2+} and Ca^{2+} , which indicates the need to control the groundwater level to maintain a favorable ecological state of meadow-chernozem soil.

Keywords: fertility, irrigated lands, soil absorbing complex, cation-anionic composition, salinity, Omsk region.

Бойко Василий Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru.

Тимохин Артем Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий агротехнологическим центром, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: timokhin@anc55.ru.

Михайлов Вячеслав Владимирович, ведущий специалист лаборатории полевого кормопроизводства, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: slava.mikhaylov.1989@mail.ru.

Boiko Vasily Sergeevich, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher, deputy director for scientific work, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru.

Timokhin Artem Yurievich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, head of the agro-technological center, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: timokhin@anc55.ru.

Mikhailov Vyacheslav Vladimirovich, leading specialist of the Laboratory of field fodder production, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: slava.mikhaylov.1989@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 02.06.2021.

Дата принятия к печати – 25.07.2021.