

Научная статья

УДК 631.43.631.434.631.435(571.64)

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_225_05_9

Итоги долголетних наблюдений за агрофизическими параметрами аллювиальной луговой почвы острова Сахалин

Л.В. Самутенко

Любовь Викторовна Самутенко

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск, Россия

lyubiva_1953@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-3083-7958>

Аннотация. В полевом севообороте в течение трех ротаций созданы и сохранены благоприятные агрофизические свойства аллювиальной луговой почвы, соответствующие требованиям включенных в него культур. Установлена гранулометрическая и структурная дифференциация пахотного горизонта почвы. В слое 0–10 см отмечено снижение содержания микроструктурных частиц (<0,01 мм). В этом слое почвы произошло увеличение плотности, что связано с многолетним механизированным воздействием при заготовке кормов. Структура почвы в пахотном слое выводных полей с многолетними травами имела отличные оценки. Последствие систем удобрения не оказывало существенного влияния на величину агрофизических параметров.

Ключевые слова: почва, пахотный слой, системы удобрения, гранулометрический состав, плотность, структура

Для цитирования: Самутенко Л.В. Итоги долголетних наблюдений за агрофизическими параметрами аллювиальной луговой почвы острова Сахалин // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 5. С. 111–122. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_225_05_9.

Финансирование. Федеральный бюджет.

Results of long-term observations of agrophysical parameters of alluvial meadow soil of the Sakhalin Island

L.V. Samutenko

Lyubov V. Samutenko

Candidate of Sciences in Agriculture, Leading Researcher

Sakhalin Scientific Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

lyubiva_1953@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-3083-7958>

Abstract. In the field crop rotation during three rotations, favorable agrophysical properties of alluvial meadow soil have been created and preserved, corresponding to the requirements of the crops included in it. The granulometric and structural differentiation of the arable soil horizon has been established. A decrease in the content of microstructural particles (<0.01 mm) was observed in the 0–10 cm layer. In this layer of soil, there was an increase in density, which was associated with a long-term mechanized action during forage harvesting. The soil structure in the arable layer of the output fields with perennial grasses had excellent ratings. The aftereffect of fertilizer systems did not significantly affect the value of agrophysical parameters.

Keywords: soil, arable layer, fertilizer systems, granulometric composition, density, structure

For citation: Samutenko L.V. Results of long-term observations of agrophysical parameters of alluvial meadow soil of the Sakhalin Island. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(5):111-122. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_225_05_9.

Funding. The federal budget.

Многие исследователи, обобщив результаты работы своих коллег и данные собственных опытов, пришли к выводу о том, что влияние агрофизических свойств почвы на продукционный процесс растений не менее значимо, чем агрохимические параметры плодородия [1–4]. На почвах с недостаточно отрегулированным водно-воздушным режимом ведущий фактор, ограничивающий величину урожая, – физическое состояние почвенной среды (уровень влагоемкости, водопроницаемости, плотности почвы, общей пористости) [4]. При этом авторы указывают на значительно меньшую степень использования агрофизических показателей для оценки плодородия [5].

В некоторых научных источниках [2, 6] гранулометрический состав охарактеризован как один из важнейших показателей, определяющих многие физические свойства почвы. Знание гранулометрического состава весьма важно, поскольку оно дает большую информацию о тех агрофизических свойствах почвы, которые необходимо учитывать при проведении агротехнических мероприятий и уметь регулировать в процессе сохранения плодородия [2, 7]. С одной стороны, по мнению [6], на плодородии могут отразиться даже небольшие сдвиги в гранулометрическом составе. Значительные изменения в распределении и количественном

содержании фракций механических элементов в нем можно ожидать в условиях антропогенных преобразований почвы [8]. С другой стороны, гранулометрический состав считается наиболее консервативным свойством, поэтому возникшие различия могут быть и не обнаружены [9, 10]. Возможно, для их проявления требуется длительный период времени.

К числу главнейших факторов плодородия почвы относят ее структуру. В структурной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, которые, в свою очередь, обуславливают мобилизацию и доступность питательных веществ для растений [8, 11]. На создание структуры почвы оказывают влияние разного рода факторы, однако 96 % среди структурообразующих материалов приходится на органическое вещество. Оно является ключевым фактором агрегации почвы. Давно известно, что добавление в почву органических субстратов улучшает ее структуру. Агрегация почвы во многом зависит от выращиваемой культуры и агротехники ее возделывания [12–14].

Такие приемы окультуривания почвы, как известкование и применение минеральных и органических удобрений, улучшают ее агрофизические свойства [14–17], которые, однако, резко ухудшаются по окончании этих мероприятий [17]. Сведения о влиянии удобрений, получаемые из разных источников, иногда противоположны. В одних говорится об отсутствии существенных изменений структурного состава почвы под влиянием минеральных и органоминеральных удобрений [14]. В других отмечают заметное улучшение структурного состояния почвы (в меньшей степени – других агрофизических свойств) при применении органоминерального удобрения в совокупности с возделыванием в севообороте многолетних трав [18].

Негативные изменения агрофизических свойств, особенно верхнего (0–20 см) слоя, возникают при длительном антропогенном (нерациональном) воздействии на почву [19]. Поэтому, как справедливо замечено в одной из научных публикаций [12], качественные параметры почвы в системах земледелия следует оценивать во времени, что полезно для определения воздействия агротехники.

В долголетнем многоцелевом стационарном опыте Сахалинского НИИ сельского хозяйства к числу основных целей отнесено изучение динамики агрофизических свойств аллювиальной луговой почвы [20] (аллювиальной серогумусовой, агрозема) при воздействии на нее разных по интенсивности технологических элементов (систем обработки, удобрения). В задачи опыта на разных этапах (в ходе ротаций) включены определения гранулометрического состава, плотности почвы, влагоемкости, структурного состояния для выявления их возможных изменений под влиянием агротехнических факторов и разных культур. Особенностью островных минеральных почв является их высокая каменистость, что осложняет частый отбор образцов для установления некоторых агрофизических параметров и обуславливает определенную трудоемкость аналитического процесса.

Материал и методы определения

Стационар лаборатории земледелия Сахалинского НИИ сельского хозяйства расположен на одном полевым массиве на трех полях по 3 га (закладки последовательно проведены в 1989, 1990 и 1991 гг.), что позволяет учесть почвенные и погодные различия. Чередование культур в травяно-пропашном севообороте происходит во времени, что не противоречит методике проведения полевого

опыта [21]. Старопахотная аллювиальная луговая почва (агрозем) характеризуется неоднородным гранулометрическим составом и неравнозначными агрохимическими свойствами.

Агрохимические параметры почвы стационарных повторений в течение трех ротаций заметно ухудшились: средневзвешенный показатель pH составил 4,1; содержание гумуса было 4,0 %, общего азота – 0,30 %. Количество минеральных форм азота (нитратного и аммонийного) уменьшилось с 58,7 до 16,4 мг, подвижных форм фосфора – с 428,5 до 347,6, обменного калия – со 134,8 до 73,6 мг в расчете на 1 кг почвы. Все агрохимические анализы выполнены в соответствии с общепринятыми методиками [22].

Агрофизические свойства почвы определены по методикам, приведенным в рекомендациях [23, 24]: строение и объемная масса (плотность почвы) – методом насыщения в цилиндрах, структура – сухим просеиванием через колонку сит по Н.И. Саввинову. Гранулометрический состав почвы устанавливали ареометрическим методом (ГОСТ 12536-2014).

Системы удобрения включали нулевой (0 NPK), органические (100, 200 и 400 т/га торфонавозного компоста (ТНК) при закладке стационара), минеральные (1 НК и 3 НК; 1–3 NPK) и органоминеральные (100–200 т/га ТНК + 1–3 NPK) фоны. Торфонавозный компост и известь были внесены при закладке стационарных повторений, навоз (Н) и известь (Са повторно по 1 ГК) применены в 2010 г. Базовые одинарные дозы удобрений (кг/га д. в.) под однолетние культуры – $N_{90}P_{120}K_{180}$ в 1-й, $N_{30}P_{108}K_{108}$ – во 2-й и $N_{60}P_{108}K_{108}$ в 3-й ротации севооборота. В 3-й ротации согласно схеме опыта были внесены фоновые дозы навоза (20 и 40 т/га). Во 2-й и 3-й ротациях отслеживалось отдаленное последствие (отд. п/д) Н и значительно отдаленное последствие (зн. отд. п/д) ТНК. Из однолетних культур в схему севооборота включены картофель, кормовые корнеплоды, бобово-мятликовые смеси, рапс яровой, озимые тритикале и рожь, из многолетних – бобово-мятликовая смесь. Обработка почвы включала два варианта: 1) зябь + культивация + дискование, 2) зябь + глубокое рыхление + культивация + дискование.

Максимальная площадь деланки в I и II закладках – 252 м², в III – 336 м²; минимальные (после расщепления) – 42 и 16,4 м².

Отбор образцов (3–5) осуществляли с рабочих вариантов (от 6 до 30) двух несмежных повторностей разных закладок стационара. Сроки отбора в зависимости от технологии возделывания культур и вида агрофизических показателей – июнь–сентябрь.

Математическую обработку материалов проводили по Б.А. Доспехову [21].

Результаты и обсуждение

При закладке стационарного опыта гранулометрический состав почвы вариантов определяли в пределах пахотного горизонта без послыной его дифференциации. Как уже упоминалось в методической части, почвенный покров опытного поля был неоднороден по механическому составу; судя по соотношению физических песка и глины (в среднем 55,5 : 44,5), он был представлен в основном тяжелым суглинком с включением среднесуглинистых участков. Гранулометрический анализ, выполненный в 2018 г., выявил уменьшение содержания глинистой фракции в пахотном слое на 2,3 %.

Согласно показателям, полученным в 2021 г. при послойном определении, гранулометрический состав аллювиальной луговой почвы в пределах морфологического профиля неоднороден (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав аллювиальной луговой почвы в зависимости от использования разноинтенсивных систем удобрения (2021 г.)

Система удобрения (последствие)	Слой почвы, см	Содержание, %	
		физического песка	физической глины
0 NPK	0–10	65,6	34,4
	10–20	60,8	39,2
	20–30	57,2	42,8
0 NPK + Ca	0–10	59,1	40,9
	10–20	59,6	40,4
	20–30	60,8	39,2
3 NPK	0–10	60,8	39,2
	10–20	58,0	42,0
	20–30	63,5	36,5
3 NPK + Ca	0–10	61,9	38,1
	10–20	58,0	42,0
	20–30	74,4	25,6
100 т/га ТНК + 20 т/га Н + Ca	0–10	59,1	40,9
	10–20	56,4	43,6
	20–30	56,3	43,7
200 т/га ТНК + 40 т/га Н + Ca	0–10	53,6	46,4
	10–20	53,1	46,9
	20–30	50,3	49,7
100 т/га ТНК + 3 NPK + 20 т/га Н + Ca	0–10	59,1	40,9
	10–20	57,4	42,6
	20–30	59,1	40,9
200 т/га ТНК + 3 NPK + 40 т/га Н + Ca	0–10	66,8	33,2
	10–20	58,4	41,6
	20–30	59,1	40,9

Преобладающей является тяжелосуглинистая разновидность, граничащая со средним суглинком (среднее содержание физической глины 40,5 %). Почти во всех представленных вариантах в верхнем (0–10 см) слое пахотного горизонта меньшим (39,2 %) оказалось содержание микроструктурных частиц (<0,01 мм). Исключением стали показатели контрольного варианта с известкованием и органического фона 200 т/га ТНК (зн. отд. п/д) + 40 т/га Н (отд. п/д) + Ca, где цифровые значения структурных механических частиц практически равны. Влияние систем удобрения на изменения гранулометрического состава почвы четко не выражено, хотя при 0 NPK без Ca и при применении 3 NPK на органо-известковом фоне потери микрочастиц слоем 0–10 см относительно нижележащего составили 4,8–8,4 %.

Определение наиболее актуальных агрофизических свойств свидетельствовало о вполне благоприятных почвенных условиях, сложившихся в течение трех ротаций севооборота и соответствующих требованиям включенных в него культур (табл. 2, 3).

Плотность аллювиальной луговой почвы под культурами в разные годы трех ротаций полевого севооборота

Система удобрения (последствие)	Слой почвы, см	1990 г.	1992 г.	1999 г.	2005 г.
		Карто- фель	Горохо- овсяная смесь	Много- летние травы	Трити- кале
0 NPK	0–10	1,02	1,02	1,10	1,10
	10–20	0,96	0,98	1,00	1,11
1 NPK	0–10	0,94	1,02	1,02	1,07
	10–20	0,98	0,98	0,92	1,05
2 NPK	0–10	0,92	0,97	1,14	1,08
	10–20	0,90	1,07	1,29	1,14
3 NPK	0–10	0,88	0,98	1,14	1,10
	10–20	1,02	1,02	1,15	1,06
100 т/га ТНК + 1 NPK	0–10	0,90	1,07	1,05	1,22
	10–20	0,81	1,00	1,08	1,11
200 т/га ТНК + 1 NPK	0–10	0,96	0,96	1,13	1,10
	10–20	0,90	1,00	1,04	1,22
100 т/га ТНК + 2 NPK	0–10	0,96	0,93	1,13	1,12
	10–20	0,92	1,03	1,22	0,96
200 т/га ТНК + 2 NPK	0–10	0,94	0,94	1,16	1,06
	10–20	1,02	0,99	0,96	1,13
400 т/га ТНК	0–10	0,98	1,02	0,98	1,18
	10–20	0,96	1,04	0,90	1,10

По наблюдениям [25], плотность почвы, определяющая ее водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы, в значительной степени зависит от способов обработки при возделывании разных культур. В определенной мере это утверждение иллюстрируют данные табл. 2: различия в значениях плотности под культурами имели место, однако они не были критичными и показатели оставались в благоприятных для растений пределах.

Плотность почвы, определенная под старовозрастными многолетними травами в 2019 г., находившаяся в рамках 1,00–1,18 г/см³, отнесена к типичным для культурной пашни (свежевспаханной). Более высокие величины – 1,20–1,30 г/см³ – указывают на уплотнения в основном верхнего слоя почвы (0–10 см), в нашем случае возникшие вследствие многолетнего механизированного воздействия на него при заготовке кормов. Именно увеличение плотности обусловило снижение показателей пористости и влагоемкости. Практически во всех вариантах лучшие агрофизические условия были свойственны слою 10–20 см и не зависели от систем удобрения.

Общая пористость в большинстве вариантов характеризовалась как отличная (56,1–61,0 %), свойственная культурному пахотному слою; при показателях, меньших 55 % (1–2 NPK, 100 т/га ТНК (зн. отд. п/д) + 1–2 NPK), – как удовлетворительная. Были моменты, когда в ходе ротаций значения пористости опускались до уровня неудовлетворительных 42,2 % под тритикале, что свидетельствовало о различиях во влиянии агротехнических воздействий и, возможно, погодных условий.

Предельная полевая влагоемкость квалифицировалась как наилучшая (40–50 %); в нескольких вариантах, где она менее 40 % (1NPK, 100 т/га ТНК (зн. отд. п/д) + 1NPK, 100–200 т/га ТНК (зн. отд. п/д) + 2NPK, 400 т/га ТНК

Водно-физические свойства аллювиальной луговой почвы под старовозрастными многолетними травами (2019 г.)

Система удобрения (последствие)	Слой почвы, см	Влажность, %	Плотность почвы, г/см ³	Пористость общая, %	ППВ*, %
0 NPK	0–10	31,04	1,07	58,6	47,06
	10–20	30,56	1,20	53,7	45,61
1 NPK	0–10	31,28	1,24	52,0	34,40
	10–20	31,94	1,04	60,0	44,23
2 NPK	0–10	27,78	1,18	54,5	41,07
	10–20	28,80	1,09	57,8	42,31
3 NPK	0–10	27,85	1,14	56,1	42,59
	10–20	28,28	1,03	60,2	44,90
100 т/га ТНК + 1 NPK	0–10	27,58	1,21	53,1	32,79
	10–20	28,90	1,13	56,2	42,10
200 т/га ТНК + 1 NPK	0–10	28,06	1,12	56,9	41,51
	10–20	26,73	1,09	57,8	44,23
100 т/га ТНК + 2 NPK	0–10	29,33	1,30	49,6	37,10
	10–20	29,07	1,07	58,6	41,18
200 т/га ТНК + 2 NPK	0–10	22,39	1,09	57,8	38,46
	10–20	29,44	1,01	61,0	45,83
400 т/га ТНК	0–10	33,56	1,26	51,2	36,67
	10–20	32,20	1,12	56,9	45,28

Примечание. ППВ – предельная полевая влагоемкость.

(зн. отд. п/д)), – как хорошая. Разница в показателях между вариантами вряд ли обусловлена воздействием систем удобрения.

В табл. 4 показана исходная структура почвы (в начале вегетации картофеля). По содержанию наиболее ценных в агрономическом отношении агрегатов в разных вариантах она носила признаки неоднородности и изменялась от удовлетворительного до хорошего состояния.

Более благополучно структура сложилась в севообороте под кормовыми корнеплодами и рапсом. Возможно, этому способствовали предшествующие культуры – овсяно-гороховая смесь и озимая рожь, оставившие после себя значительное количество пожнивных остатков. Под корнеплодами лучшие показатели структурности почвы отмечены при применении глубокой обработки зяби (преимущество в 3,2–7,4 %). Более соответствующей состоянию под посадками картофеля оказалась структура почвы под многолетними травами 4-го года пользования.

После завершения трех ротаций в выводных полях под старовозрастными многолетними травами структурное состояние почвы пахотного горизонта (0–20 см) оценено как отличное, поскольку значения сумм наиболее ценных в агрономическом отношении агрегатов при сухом просеивании превышало 80,0 % почти во всех наблюдаемых вариантах (табл. 5). Ниже этого предела сложились суммы при применении 3 NPK и органического фона 200 т/га ТНК (зн. отд. п/д) + 40 т/га Н (отд. п/д) + Са. Однако структура почвы даже этих горизонтов оценивается как хорошая.

Таблица 4

**Структурное состояние аллювиальной луговой почвы под культурами
в разные годы трех ротаций полевого севооборота**

Система удобрения (последствие)	Сумма структурных агрегатов 10,0–0,25 мм, %			
	1991 г.	1995 г.	2000 г.	2004 г.
	картофель (исходное значение)	кормовые корнеплоды	многолетние травы*	рапс яровой
0 NPK	53,5**	78,1	62,4	76,7
	49,4***	77,6	49,4	77,2
1 NPK	77,4	81,7	64,9	80,4
	70,2	75,0	66,7	74,5
3 NPK	59,1	75,3	70,9	76,7
	60,1	78,5	62,2	77,2
100 т/га ТНК + 1 NPK	61,5	75,8	54,9	79,7
	63,5	78,2	66,4	72,8
200 т/га ТНК + 1 NPK	56,3	77,0	63,1	79,0
	61,4	78,1	70,1	79,4
100 т/га ТНК + 3 NPK	59,9	71,6	66,6	81,9
	51,0	75,6	57,6	76,3
200 т/га ТНК + 3 NPK	63,0	76,6	70,2	76,5
	66,8	84,0	61,7	68,1
400 т/га ТНК	57,7	73,4	48,8	75,4
	55,4	79,6	61,9	74,4

* 5-й год пользования.

** Культивация + дискование зяби (действие и последствие).

*** Глубокое рыхление + культивация + дискование зяби (действие и последствие).

Таблица 5

**Влияние систем удобрения разной интенсивности
на структурное состояние аллювиальной луговой почвы (2021 г.)**

Система удобрения (последствие)	Слой почвы, см	Сумма структурных агрегатов, %		Коэффициент структурности
		10,0–0,25 мм	3,0–1,0 мм	
0 NPK	0–10	92,6	42,2	12,5
	10–20	82,2	28,9	4,6
0 NPK + Ca	0–10	93,6	37,6	14,6
	10–20	81,1	32,1	4,3
3 NPK	0–10	87,5	36,4	7,0
	10–20	78,4	26,8	3,6
3 NPK+ Ca	0–10	87,2	35,8	6,8
	10–20	86,7	33,4	6,5
100 т/га ТНК+20 т/га Н	0–10	90,5	38,8	9,5
	10–20	84,5	31,8	5,4
200 т/га ТНК+40 т/га Н	0–10	88,6	32,9	7,8
	10–20	72,2	25,1	2,6
100 т/га ТНК + 3 NPK + 20 т/га Н + Ca	0–10	93,1	42,8	13,5
	10–20	85,1	34,2	5,7
200 т/га ТНК + 3 NPK + 40 т/га Н + Ca	0–10	89,3	34,0	8,3
	10–20	83,8	29,5	5,2

В несколько меньшем количестве формирование ценных агрегатов (10,0–0,25 мм) произошло в слое 10–20 см.

Наивысшие значения коэффициентов структурности установлены в контрольных вариантах (0 NPK и 0 NPK + Ca) и в варианте с 3 NPK на органо-известковом фоне. Высокая степень структурности почвы обусловлена, без сомнения, длительным присутствием на полях многолетних трав.

Заключение

Определение наиболее актуальных агрофизических свойств аллювиальной луговой почвы свидетельствовало о сохранении благоприятных условий в течение трех ротаций севооборота и их соответствии требованиям включенных в него культур.

В итоге наблюдений установлена гранулометрическая и структурная дифференциация пахотного горизонта почвы. В верхнем (0–10 см) слое произошло снижение содержания микроструктурных частиц (<0,01 мм) до 39,2 % относительно нижележащих слоев, а также установлены более высокие величины плотности (1,20–1,30 г/см³), появление которых связано с многолетним механизированным воздействием при заготовке кормов. В основном для пахотного горизонта характерны отличные и хорошие оценки полевой влагоемкости и общей пористости. Лучшие условия были свойственны слою 10–20 см, они не зависели от систем удобрения.

Структурообразующая роль систем удобрения, примененных на фоне разноглубинных обработок почвы, выражена слабо. Высокая степень структурности почвы в выводящих полях обусловлена длительным присутствием многолетних трав.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агрофизические показатели плодородия почв // Сельское хозяйство. Земледелие. – <https://universityagro.ru/> (дата обращения: 16.01.2022).
2. Зайцева Г.А. Влияние минеральных удобрений на изменение общих физических свойств чернозема выщелоченного // Вестн. Мичурин. ГАУ. 2011. № 1-1. С. 103–105.
3. Митрополова Л.В., Коротких Э.В., Павлова О.В., Иевлева О.Е., Дуденко Г.А. Роль сидератов в улучшении агрофизических показателей буроземно-луговой почвы в условиях Приморского края // Chronos. 2020. № 7. С. 52–56.
4. Митрофанов Ю.А., Анциферова О.Н., Первушина Н.К. Агрофизическое состояние и плодородие осушаемых почв // Докл. РАСХН. 2015. № 5. С. 36–39.
5. Митрофанов Ю.А., Анциферова О.Н., Петрова Л.И. Особенности регулирования плодородия переувлажняемых почв // Вестн. рос. с./х. науки. 2016. № 5. С. 35–39.
6. Ерёмин Д.И. Агрогенное изменение гранулометрического состава при распашке чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 8. С. 34–36.
7. Витязев В.Г., Шевченко А.В. Удельная поверхность как показатель механического состава при обследовании почвенного покрова хозяйств // Физико-химические свойства и плодородие почв. М., 1983. С. 111–114.
8. Раскатов В.А., Степанова Л.П., Писарева А.В., Яковлева Е.В. Особенности деградационных изменений урбаноземов в зависимости от интенсивности антропогенных воздействий // Плодородие. 2018. № 2. С. 55–59.
9. Королев В.А. Оценка изменчивости показателей физического состояния черноземов степной зоны центральных областей России // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. Кн. 1. Новосибирск: Наука – Центр, 2004. С. 434.

10. Соловьева Т.П., Попова Г.А. Влияние сельскохозяйственного освоения на физические свойства серых лесных почв // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. Кн. 1. Новосибирск: Наука – Центр, 2004. С. 453.
11. Матыченко Д.В. Структурное состояние дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси в процессе агрогенеза // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. Кн. 1. Новосибирск: Наука – Центр, 2004. С. 443.
12. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: теория и методика исследований / Субрегиональное отделение Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций по Центральной Азии. Анкара, 2015. 175 с.
13. Пугачев Е.В., Полякова Н.В. Влияние органического вещества почвы на структурообразование // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. Кн. 1. Новосибирск: Наука – Центр, 2004. С. 449.
14. Стратонович М.В., Хрипунова Г.Л. Влияние удобрений на агрегатный состав и водопрочность почвенных агрегатов дерново-подзолистых суглинистых почв // Физико-химические свойства и плодородие почв. М., 1983. С. 46–49.
15. Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е., Шалашова О.Ю. Восстановление физических свойств чернозема обыкновенного деградированного удобрительно-мелиорирующими компостами // Плодородие. 2015. № 6. С. 33–35.
16. Рязанов М.Н., Котлярова Е.Г. Структура и водопрочность почвенных агрегатов чернозема типичного под подсолнечником в ландшафтных условиях ЦЧР // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2. С. 181–191.
17. Тюгай З.Н., Початникова Т.Н., Гомонова Н.Ф. Динамика агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы в процессе ее окультуривания // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. Кн. 1. Новосибирск: Наука – Центр, 2004. С. 471.
18. Иванов А.И., Иванова Ж.А. Новое органоминеральное удобрение как средство оптимизации физико-химических и агрофизических свойств легких дерново-подзолистых почв // Плодородие. 2018. № 5. С. 5–8.
19. Рубцов Л.М., Юрченко Т.С., Хоменок Г.П. Влияние длительной антропогенной нагрузки на изменение агрофизических и физико-химических свойств сезонно-мерзлотных почв Хабаровского края // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 6. С. 11–16. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10602.
20. Классификация почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1997. 235 с.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
22. Агрохимические исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
23. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
24. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
25. Чамурлиев О.Г., Чамурлиев Г.О. Режим орошения и основная обработка светло-каштановых почв при возделывании сои // Плодородие. 2017. № 2. С. 48–50.

REFERENCES

1. Agrofizicheskie pokazateli plodorodiya pochv = [Agrophysical indicators of soil fertility]. *Sel'skoe khozyaistvo. Zemledelie*. Available from Universityagro.ru [cited 16.01.2022]. (In Russ.)
2. Zajtseva G.A. Vliyanie mineral'nykh udobrenij na izmenenie obshhikh fizicheskikh svoystv chernozema vyshhelochennogo = [The influence of mineral fertilizers on the change in the general physical properties of leached chernozem]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011;(1-1):103-105. (In Russ.).
3. Mitropolova L.V., Korotkikh E.V., Pavlova O.V., Ievleva O.E., Dudenko G.A. Rol' sideratov v uluchshenii agrofizicheskikh pokazatelei burozemno-lugovoi pochvy v usloviyakh Primorskogo kraja = [The role of siderates in improving agrophysical indicators of brown-earth-meadow soil in the conditions of Primorsky Krai]. *Chronos*. 2020;(7):52-56. (In Russ.).
4. Mitrofanov Yu.A., Antsiferova O.N., Pervushina N.K. Agrofizicheskoe sostoyanie i plodorodie osushaemykh pochv = [Agrophysical state and fertility of drained soils]. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk*. 2015;(5):36-39. (In Russ.).

5. Mitrofanov Yu.A., Antsiferova O.N., Petrova L.I. Osobennosti regulirovaniya plodorodiya perev-lazhnyayemykh pochv = [Features of regulation of fertility of waterlogged soils]. *Vestnik Rossijskoi sel'skokhozyajstvennoi nauki*. 2016;(5):35-39. (In Russ.).

6. Eryomin D.I. Agrogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava pri raspashke chernozema vshhelochennogo lesostepnoi zony Zaural'ya = [Agrogenic change in the granulometric composition during plowing of leached chernozem of the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Vestnik KrasGAU*. 2014;(8):34-36. (In Russ.).

7. Vityazev V.G., Shevchenko A.V. Udel'naya poverkhnost' kak pokazatel' mekhanicheskogo sostava pri obsledovanii pochvennogo pokrova khozyaistv = [Specific surface area as an indicator of mechanical composition during the survey of the soil cover of farms]. In: *Fiziko-khimicheskie svoystva i plodorodie pochv*. Moscow; 1983. P. 111-114. (In Russ.).

8. Raskatov V.A., Stepanova L.P., Pisareva A.V., Yakovleva E.V. Osobennosti degradatsionnykh izmenenii urbanozemov v zavisimosti ot intensivnosti antropogennykh vozdeystvii = [Features of degradation changes of urbanozems depending on the intensity of anthropogenic impacts]. *Plodorodie*. 2018;(2):55-59. (In Russ.).

9. Korolev V.A. Otsenka izmenchivosti pokazatelei fizicheskogo sostoyaniya chernozemov stepnoj zony tsentral'nykh oblastei Rossii = [Assessment of the variability of indicators of the physical condition of chernozems of the steppe zone of the central regions of Russia]. In: *Pochvy - natsional'noe dostoyanie Rossii*. Pt 1. Novosibirsk: Nauka – Centr; 2004. P. 434. (In Russ.).

10. Solov'eva T.P., Popova G.A. Vliyanie sel'skokhozyaistvennogo osvoeniya na fizicheskie svoystva serykh lesnykh pochv = [The influence of agricultural development on the physical properties of gray forest soils]. In: *Pochvy - natsional'noe dostoyanie Rossii*. Pt 1. Novosibirsk: Nauka – Centr; 2004. P. 453. (In Russ.).

11. Matychenkov D.V. Strukturnoe sostoyanie dernovo-palevo-podzolistykh legkosuglinistykh pochv Belarusi v protsesse agrogeneza = [Structural state of sod-pale-podzolic light loamy soils of Belarus in the process of agrogenesis]. In: *Pochvy - natsional'noe dostoyanie Rossii*. Pt 1. Novosibirsk: Nauka – Centr; 2004. P. 443. (In Russ.).

12. Pochvozashhitnoe i resursosberegayushhee zemledelie: teoriya i metodika issledovaniy = [Soil protection and resource-saving agriculture: theory and methodology of research]. Ankara: Subregional'noe otdelenie Prodovol'stvennoi i sel'skokhozyaistvennoi organizatsii Ob"edinennykh Natsii po Tsentral'noi Azii; 2015. 175 p. (In Russ.).

13. Pugachev E.V., Polyakova N.V. Vliyanie organicheskogo veshhestva pochvy na strukturoobrazovanie = [Influence of soil organic matter on structure formation]. In: *Pochvy - natsional'noe dostoyanie Rossii*. Pt 1. Novosibirsk: Nauka – Centr; 2004. P. 449. (In Russ.).

14. Stratonovich M.V., Khripunova G.L. Vliyanie udobrenij na agregatnyi sostav i vodopronchnost' pochvennykh agregatov dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv = [The effect of fertilizers on the aggregate composition and water resistance of soil aggregates of sod-podzolic loamy soils]. In: *Fiziko-khimicheskie svoystva i plodorodie pochv*. Moscow; 1983. P. 46-49. (In Russ.).

15. Balakaj G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu. Vosstanovlenie fizicheskikh svoystv chernozema obyknovennogo degradirovannogo udobritel'no-melioriruyushhimi kompostami = [Restoration of physical properties of ordinary degraded chernozem with fertilizer-reclamation compost]. *Plodorodie*. 2015;(6):33-35. (In Russ.).

16. Ryazanov M.N., Kotlyarova E.G. Struktura i vodopronchnost' pochvennykh agregatov chernozema tipichnogo pod podsolnechnikom v landshaftnykh usloviyakh TsChR = [Structure and water resistance of soil aggregates of typical chernozem under sunflower in landscape conditions of the Central Park]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2019;(2):181-191. (In Russ.).

17. Tyugai Z.N., Pochatnikova T.N., Gomonova N.F. Dinamika agrofizicheskikh svoystv dernovo-podzolistoi pochvy v protsesse ee okul'turivaniya = [Dynamics of agrophysical properties of sod-podzolic soil in the process of its cultivation]. In: *Pochvy - natsional'noe dostoyanie Rossii*. Pt 1. Novosibirsk: Nauka – Centr; 2004. P. 471. (In Russ.).

18. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A. Novoe organomineral'noe udobrenie kak sredstvo optimizatsii fiziko-khimicheskikh i agrofizicheskikh svoystv legkikh dernovo-podzolistykh pochv = [New organomineral fertilizer as a means of optimizing the physico-chemical and agrophysical properties of light sod-podzolic soils]. *Plodorodie*. 2018;(5):5-8. (In Russ.).

19. Rubtsov L.M., Yurchenko T.S., Homenok G.P. Vliyanie dlitel'noi antropogennoi nagruzki na izmenenie agrofizicheskikh i fiziko-khimicheskikh svoystv sezonno-merzlotnykh pochv Habarovskogo kraja = [The effect of prolonged anthropogenic load on changes in agrophysical and physico-chemical

- properties of seasonally permafrost soils of the Khabarovsk Territory]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(6):11-16. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10602. (In Russ.).
20. Klassifikatsiya pochv Rossii = [Classification of soils of Russia]. Moscow: Pochvennyj institut n. a. V.V. Dokuchaev; 1997. 235 p. (In Russ.).
21. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta = [Methodology of field experience]. Moscow: Kolos; 1979. 467 p. (In Russ.).
22. Sokolov A.V. (ed.). Agrokhimicheskie issledovaniya pochv = [Agrochemical studies of soils]. Moscow: Nauka; 1975. 656 p. (In Russ.).
23. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Bajbekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu = [Practicum on soil science]. Moscow: Agrokonsalt; 2002. 280 p. (In Russ.).
24. Dospikhov B.A., Vasil'ev I.P., Tulikov A.M. Praktikum po zemledeliyu = [Practicum on agriculture]. Moscow: Agropromizdat; 1987. 383 p. (In Russ.).
25. Chamurliiev O.G., Chamurliiev G.O. Rezhim orosheniya i osnovnaya obrabotka svetlo-kashtanovykh pochv pri vzdelyvanii soi = [Irrigation regime and basic treatment of light chestnut soils during soybean cultivation]. *Plodorodie*. 2017;(2):48-50. (In Russ.).