

БИОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.423.2 (571.54)

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ БУРЯТИИ

А. С. Билтуев, кандидат биологических наук
Л. В. Будажапов, доктор биологических наук, профессор
А. К. Уланов, кандидат сельскохозяйственных наук
С. В. Хутакова, кандидат биологических наук

Бурятский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства, Улан-Удэ, Россия
E-mail: burnish@inbox.ru

Ключевые слова: каштановая почва, агрофизические свойства, засуха, влажность почвы

Реферат. Представлены результаты изучения водного режима пахотных почв в сухостепной зоне Бурятии в условиях засухи. Почва опытного участка – каштановая малогумусная маломощная мучнистокарбонатная длительно-сезонно-мерзлотная супесчаная. Дана оценка агрофизических свойств различных горизонтов почвы. Почвенный профиль практически однообразен по гранулометрическому составу и представлен супесями с преобладанием крупно-, средне- и мелкопесчаных фракций. В соответствии с этим почва обладает высокими показателями плотности сложения и плотности твердой фазы. Почва опытного участка практически бесструктурна, обладает неблагоприятными водно-физическими свойствами. Максимальная гигроскопичность низкая, ей соответствует и влажность завядания (3,2–4,0%). Величина наименьшей влагоемкости в верхнем горизонте составляет 9–12%. Преобладание пор от 3 мкм до 2 мм создает благоприятные условия для аэрации, диффузного движения водяных паров и гравитационного перемещения влаги. Отбор почвы на влажность проводился в течение двух лет в паровом поле на опытном стационаре Бурятского НИИСХ. В 2014–2015 гг. отмечалась комплексная засуха, что позволило провести уникальные исследования режима влажности в слое почвы 0–300 см. В результате корреляционного анализа выявлено, что на увлажнение пахотного слоя почвы влияют осадки, выпавшие в течение 5 дней до отбора проб. В условиях засухи произошло иссушение метрового слоя почвы в осенний и зимний периоды. В карбонатном горизонте и на глубине ниже 270 см выявлены зоны с относительно более высоким увлажнением. Во второй год продолжающейся засухи иссушение почвы достигло двухметровой отметки, содержание влаги было ниже 5% от массы сухой почвы. При полном оттаивании почвы в условиях засухи наблюдалось резкое снижение влажности почвы в двухметровом слое.

AGROPHYSICAL PARAMETERS AND DYNAMICS OF CHESTNUT SOIL MOISTURE IN THE DRY STEPPE ZONE OF BURYATIA

Biltuev, A.S., Candidate of Biology
Budazhapov, L.V., Dr. of Biological Sc., Professor
Ulanov, A.K., Candidate of Agriculture
Khutakova, S.V., Candidate of Biology

Buryat Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, Russia

Key words: chestnut soil, agrophysical parameters, drought, soil moisture.

Abstract. The paper reveals the results of water regime of arable lands in the dry steppe zone of Buryatia in the period of drought. The authors explored the experimental plot that was characterized by chestnut long-term shallow sabulous cryosolic thin-humous soil. The authors estimate agrophysical parameters in different soil layers. Soil crossover is homogenous on grain-size distribution and contains large, middle and small sandy clays fractions. The soil is of bulk density and particle density. The soil of experimental plot was almost structureless with negative water physical parameters. Maximum hygroscopic moisture is low as well as wilting moisture is (3.2–4.0%). Minimum moisture-holding capacity in the surface soil layer is 9–12%. Interstices domination from 3 mkm to 2 mm makes favourable conditions for aeration, diffusive motion of vapours and mass wasting of moisture. Soil selection on moisture had been carried out for 2 years in the steam field of experimental farm of Buryat Research Institute of Agriculture. 2014–2015 years were characterized by drought that contributed to research on moisture regime in the soil layer 0–300 sm. The paper found out that precipitation that had appeared during 5 days before samples collection influenced arable layer moisture. The drought dried out 1m layer in autumn and winter. The authors found out areas with higher moisturizing in calcareous layer and deep 270 sm. In the second year of drought soil drying out was spread on 2m layers where soil moisture concentration was 5% less of dry soil. The researchers observed low soil moisture in 2 m layer in complete soil thawing.

Каштановые почвы занимают большую часть пашни в Республике Бурятия. Однако с рубежа 2000-х годов товарное производство зерна на большей части почв сухой степи резко сократилось, что связано не только с экономическими факторами, но и, причем в большой степени, с неблагоприятными климатическими условиями. Дефицит влаги в корнеобитаемом слое почвы является основным лимитирующим фактором продуктивности культур в богарных условиях сухостепной зоны. В типичных условиях проявления весенней и раннелетней засухи запасы влаги в пахотном горизонте могут достигать критических значений, влажность почвы снижается до уровня влажности завядания. При этом высокая периодичность проявления засухи приводит к значительному риску неполучения запланированных урожаев в данной зоне [1–6].

В связи с этим достаточно актуальным является вопрос изучения динамики влажности в профиле почвы в условиях засушливого периода. Подобные исследования позволяют не только оценить актуальные запасы влаги в различных ее горизонтах, но и определить скорость и направление ее перемещения, роль различных горизонтов в снабжении корнеобитаемого слоя; прогнозировать состояние увлажнения в зависимости от метеорологических условий.

Целью работы является определение влияния климатических факторов на изменение влажности каштановой почвы. В задачи исследований входило определение агрофизических свойств каштановой почвы, глубины активного влагообо-

рота в условиях засухи, корреляционных связей показателей климата с влажностью почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на опытном поле Бурятского НИИСХ в условиях сухостепной зоны Бурятии с мая 2014 г. по октябрь 2015 г. Почва опытного участка – каштановая малогумусная маломощная мучнистокарбонатная длительно-сезонно-мерзлотная маломощная малогумусная супесчаная. Участок расположен на ровном, пологом парующемся участке северо-западной экспозиции, грунтовые воды залегают ниже 30–35 м. Исходя из задач исследования, нами проведен структурно-агрегатный анализ почв (по Савинову), определен гранулометрический состав (по Качинскому), максимальная гигроскопическая влага адсорбционным методом, наименьшая влагоемкость лабораторным методом, дифференциальная порозность методом расчета (по Качинскому), влажность завядания вегетационным методом, плотность твердой фазы пикнометрическим методом, плотность сложения буровым методом по Качинскому и влажность почвы термостатно-весовым методом в трехкратной порозности [7].

В период наблюдений за влажностью почвы сложились засушливые условия. Так, в 2014 г. недобор осадков с мая по декабрь от среднесуточной нормы составил 98 мм (44%), а с января по октябрь 2015 г. – 68 мм (33%) (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические условия в период исследований
Meteorological conditions in the research period

Месяц	Сумма осадков, мм	К среднемноголетним, ±	Средняя температура, °С	К среднемноголетней, ±
2014 г.				
Май	8,4	-3,6	9,7	+1,3
Июнь	17,6	-14,4	16,3	+0,8
Июль	19,3	-45,7	20,5	+1,6
Август	52,6	-6,4	17,3	+1,7
Сентябрь	4,1	-22,9	8,7	+0,5
Октябрь	9,0	2,0	1,9	+2,6
Ноябрь	6,5	-3,5	-4,2	+8,3
Декабрь	9,0	-3,0	-10,5	+11,0
2015 г.				
Январь	9,0	2,0	-11,1	+13,8
Февраль	2,0	0	-10,4	+10,0
Март	2,0	0	-3,7	+7,0
Апрель	6,0	-1,0	4,9	+4,3
Май	27,0	15,0	8,4	0
Июнь	20,0	-12,0	15,5	0
Июль	18,0	-47,0	18,9	0
Август	35,0	-24,0	15,6	0
Сентябрь	26,0	-1,0	10,7	+2,5
Октябрь	7,0	0	4,2	+4,9

Погодные условия 2014 г. значительно отличались от среднемноголетних показателей. Сумма осадков с мая по декабрь была на 44% ниже нормы, при этом наиболее острый дефицит осадков наблюдался в июле. Средняя температура за этот период составила 7,4 °С, что на 87% выше многолетних значений.

Засуха наблюдалась и в период вегетации 2015 г., за период с января по октябрь выпало 133 мм осадков, что на 7% ниже многолетних значений. Наибольший дефицит осадков отмечен в июле–августе. Температурный режим с января по октябрь 2015 г. отличался более высокими средними значениями. Наиболее тёплыми были зимние месяцы – январь и февраль, в результате чего уменьшилась глубина промерзания почвы.

В период наблюдений отмечались осадки низкой интенсивности морозящего характера. В результате сложившихся погодных условий 2014–2015 гг. увлажнение метрового слоя почвы значительно варьировало.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей при изучении динамики содержания влаги в метровом слое почвы являлось определение глубины активного влагооборота

в паровом поле в условиях низкого атмосферного увлажнения. Размеры и темпы переноса влаги и растворенных веществ в почвенной толще определяются агрофизическими свойствами почвы [7].

Почвенный профиль каштановой почвы опытного участка сложен следующими горизонтами:

$A_{\text{пах}}$ – 0–20 см. Коричневый с каштановым оттенком, супесчаный, влажный, непрочнокомковатой структуры, однородный, слабо уплотнен. Пронизан корнями растений. Переход в горизонт $A_{\text{п/пах}}$ постепенный по цвету и резкий по плотности.

$A_{\text{п/пах}}$ – 20–30 см. Коричневато-бурый, неравномерно окрашен, супесчаный, влажный, непрочнокомковатой структуры. Слабо пронизан корнями. Переход в горизонт B_1 по цвету заметный.

B_1 –30–40 см. Буровато-желтый, супесчаный, влажный, непрочнокомковатой структуры, уплотнен, пористый, встречаются корни растений. Переход в горизонт B_k заметный по цвету, ясный по линии вскипания.

B_k – 40–90 см. Беловато-желтый, супесчаный, бесструктурный, влажный, уплотнен, вскипает бурно. Встречаются одиночные корни. Переход в горизонт BC_k по цвету постепенный.

BC_k – 90–140 см. Палево-желтый, супесь с песком, рыхлый, свежий, бесструктурный, вскипает сильно. Переход в горизонт C_k постепенный.

C_k – 140–170 см. Желтый, неоднородный – разнотермические слои, рыхлый, свежий, бесструктурный, вскипает сильно.

Почвенный профиль практически однообразен по гранулометрическому составу и представлен супесями с преобладанием крупно-, средне- и мелкопесчаных фракций (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав почвы опытного участка, %
Soil texture at experimental plot, %

Глубина, см	Фракция, мм							
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,05	0,05–0,001	<0,001	1–0,01	<0,01
0–10	20,18	52,35	14,85	3,14	5,48	4,00	87,48	12,62
20–30	19,32	56,35	12,69	3,50	4,44	3,70	88,36	11,64
50–60	21,75	45,68	16,96	6,57	5,24	3,80	84,39	15,61
90–100	25,51	47,03	13,33	3,31	7,02	3,80	85,87	14,13
100–170	28,5	48,81	11,2	2,84	6,67	2,95	88,51	12,46

Почва опытного участка практически бесструктурна (табл. 3). Неблагоприятные агрономические свойства каштановых почв проявлялись в особенностях агрегатного состава. Он характеризовался доминированием мелких (<0,25 мм) и крупных

(>10 мм) фракций. Содержание крупных (10–3 мм) агрегатов высокое (15–23%), однако их агрономическая ценность невелика, так как обладают низкими показателями водопрочности и при воздействии воды почти полностью разрушаются.

Таблица 3

Структурно-агрегатный состав и водопрочность каштановой почвы опытного участка, %
от абсолютно сухой почвы

Texture content and water stability of chestnut soil at the experimental plot, % of absolutely dry soil

Глубина, см	Размер агрегатов, мм							
	>10	10–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
<i>Сухое просеивание</i>								
0–10	15	5	3	1	2	1	10	63
10–20	10	2	3	2	3	1	11	68
20–30	11	7	6	3	4	3	11	55
30–50	8	5	2	1	2	1	19	62
<i>Мокрое просеивание</i>								
0–10	0	0	0	0	0	9	12	79
10–20	0	0	0	0	0	10	11	79

Степень агрегированности почвы в гумусовом горизонте уменьшалась сверху вниз. Так, если в слое 0–10 см фактор дисперсности по Н.А. Качинскому составлял 6,6%, то в слое 20–30 см увеличивался до 15,7%.

Низкое содержание гумуса, легкий гранулометрический состав почвы обусловили неблагоприятные водно-физические свойства каштановых почв опытного участка (табл. 4). Исследования показали, что данные почвы значительно уплотнены. Плотность сложения увеличивалась от 1,43 до 1,71 г/см³ вниз по профилю, аналогично изменялись значения плотности твердой фазы (2,65–2,71 г/см³). Максимальная гигроскопичность низкая, соответственно незначительна и величина влаж-

ности завядания. Величина наименьшей влагоемкости в верхнем горизонте составляла 10–11%, несколько увеличиваясь в горизонте В_к. В слое 0–10 см 27% от общего содержания влаги при НВ находилось в недоступном для растений состоянии, а на метровой глубине было недоступно уже около 40% влаги.

Изучение дифференциальной порозности супесчаных каштановых почв показало, что в составе порозности этих почв преобладали крупные поры. Так, около 70% общей порозности составляли поры диаметром больше 3 мкм при максимальном диаметре пор около 2 мм, что создает благоприятные условия для аэрации, диффузного движения водяных паров, гравитационного перемещения влаги.

Таблица 4

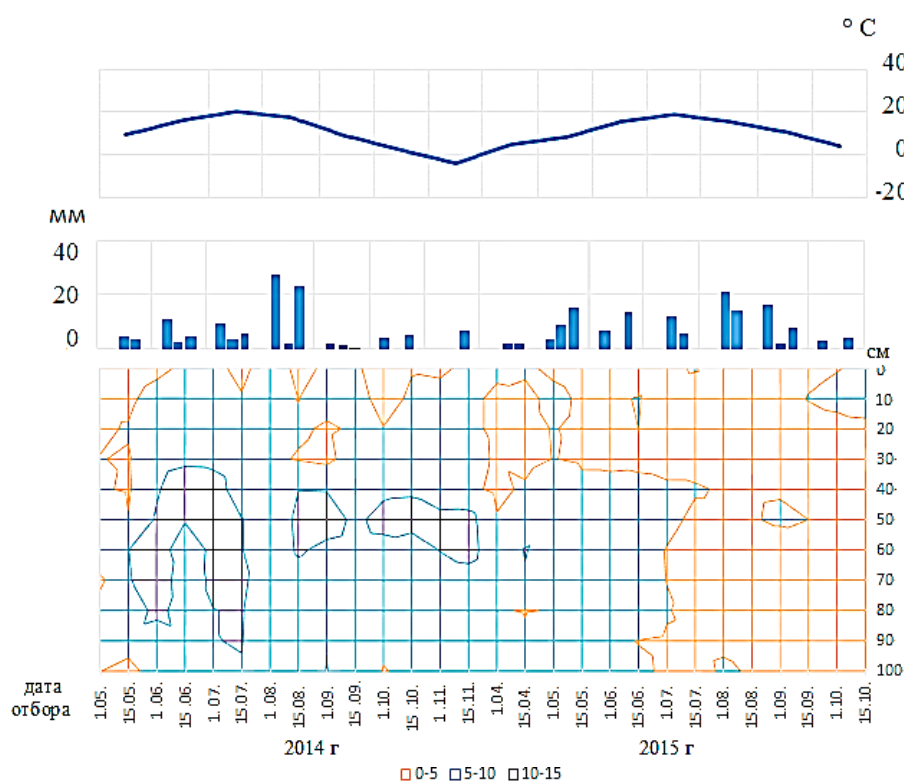
Физические и водно-физические свойства почвы опытного участка
Physical and water and physical parameters of the soil at the experimental plot

Глубина, см	Плотность сложения, г/см³	Плотность твердой фазы, г/см³	МГ	ВЗ	НВ	Порозность общая,% от объема
			% от абсолютно сухой почвы			
0–10	1,43	2,65	2,03	3,1	11,3	46
20–30	1,50	2,68	2,11	4,0	10,8	44
50–60	1,67	2,71	2,17	3,5	12,1	38
90–100	1,71	2,71	2,00	3,4	9,0	36
100–170	1,74	2,70	1,98	3,4	9,0	35

Увлажнение почвы изменялось в зависимости от режима выпадения осадков (рисунок).

В качестве метеорологических факторов для корреляционного анализа (табл. 5) нами отобра-

ны: количество осадков за 5 дней (w_1), 10 дней (w_2), 20 дней до срока определения (w_3); средние температуры воздуха за 5 дней (t_1), 10 дней (t_2), 20 дней до срока определения (t_3).



Хроноизоплета влажности почвы (% к массе абсолютно сухой почвы) в слое 0–100 см в период исследований
Chronoisopleth of soil moisture (% to the mass of absolutely dry soil) in the layer 0–100 sm in the research period

Таблица 5

Влияние климатических факторов на влажность почвы в период исследований
The impact of climate on soil moisture in the period of research

Показатель	Коэффициент линейной корреляции влажности почвы в разных слоях почвы (см) с осадками и температурой воздуха при n=28									
	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
w_1	0,50	0,42	0,14	0,03	0,14	0,18	-0,08	-0,05	-0,01	0,18
w_2	0,04	0,18	0,11	-0,12	0,33	0,25	-0,01	0,01	-0,04	0,18
w_3	-0,2	-0,17	-0,21	-0,34	0,10	-0,11	-0,29	-0,16	-0,24	-0,09
t_1	-0,01	-0,09	-0,11	-0,16	0,14	-0,14	-0,35	-0,19	-0,16	-0,02
t_2	-0,03	-0,08	-0,07	-0,04	0,13	-0,27	-0,34	-0,09	-0,06	0,05
t_3	0,03	-0,12	-0,11	-0,08	0,10	-0,31	-0,36	-0,15	-0,12	0,15

Поверхностный слой почвы (0–10 см) иссушался с апреля по вторую декаду мая, содержание влаги было очень низким, на уровне влажности завядания в 2014 г., в 2015 г. эти показатели были несколько выше. Корреляционный анализ выявил достоверную среднюю по значимости связь ($r = 0,50 \pm 0,17$) увлажнения почвы в этом горизонте лишь с суммой осадков, выпавших за период 5 дней до срока определения.

Слой почвы 10–20 см играет особую роль в питании растений. В этом горизонте размещается основная масса корней зерновых культур. ВЗ в этом горизонте составляет 2,5%, диапазон активной влаги не превышает 4,5%, или 7,1 мм. В изучаемый период влажность почвы в этом слое была выше ВЗ, но не достигала НВ. Влажность этого слоя почвы также достоверно определялась осадками, выпавшими за последние 5 дней от срока определения ($r = 0,42 \pm 0,18$). В условиях 2014–2015 гг. действенность осадков, выпадающих в сумме за 10 и 20 дней, не влияла на увлажнение пахотного горизонта. По-видимому, это связано с малым их количеством.

Интенсивность проявления погодных факторов не оказала существенного влияния на увлажнение подпахотных горизонтов почвы. Коэффициенты корреляции количества выпавших за определенные периоды осадков с увлажнением почвы были недостоверными. Однако в метровой толще выделяется слой на глубине 40–60 см с относительно высоким содержанием влаги. Более высокое увлажнение карбонатного горизонта связано с высоким содержанием химически связанной влаги и значительным содержанием физической глины. Высушивание этого горизонта произошло при остром дефиците почвенной влаги в вышележащих горизонтах в середине июля 2015 г. Этот слой почвы был очень уплотненным и плохо поддавался бурению. Выявлена средняя по значимости связь увлажнения слоя 40–50 см с осадками, выпавшими за 10 дней до срока определения. Однако эта связь не была существенной ($0,33 \pm 0,18$).

Запасы влаги в слое почвы от 30 до 100 см были достаточно стабильными в течение всего 2014 г., вплоть до промерзания почвы в ноябре. В зимний период 2014/15 г. и весенний период 2015 г. произошло высушивание всего метрового слоя почвы. Иссущение почвы происходило с поверхности и постепенно перемещалось вниз. Практически во всем слое почвы влажность составляла менее 5%. Иссущение почвы в силу низкого атмосферного увлажнения наблюдалось вплоть до середины октября. Снижение суточных температур до низких положительных температур позволило незначительно повысить влажность почвы в поверхност-

ном слое. Перед уходом в зиму суммарное содержание влаги в метровом слое почвы составляло 67 мм, из них в пахотном горизонте 20 мм.

Каштановые почвы сухой степи находятся в мерзлотном состоянии большую часть года – с октября по июнь. Глубина промерзания достигает 250–300 см [8–10]. Устойчивое наступление отрицательных температур приводит к промораживанию почвы, начало которого в 2014 г. отмечено во второй декаде ноября. Зима 2014/15 г. выдалась относительно теплой, поэтому глубина сезонной мерзлоты достигала 180–200 см. Полное оттаивание наступило в середине июня.

Для изучения динамики влаги в слое почвы, подвергающемся промораживанию, ежемесячно проводился отбор проб почвы на глубину до 3 м с апреля 2014 г. по октябрь 2015 г. Выявлено, что на глубине 270–300 см отмечался относительно постоянный уровень увлажнения – 8,5–13,2%. Наиболее динамично влага перемещалась в слое 90–260 см. В засушливых условиях отмечено постепенное иссушение этого слоя с апреля 2014 г. по октябрь 2015 г., при этом наибольшее иссушение отмечено в слое до 20–200 см – содержание влаги к концу наблюдения было менее 5% к массе от абсолютно сухой почвы. При полном оттаивании почвы в условиях засухи наблюдалось резкое снижение влажности почвы в двухметровом слое.

ВЫВОДЫ

1. Каштановые почвы опытного участка обладают неблагоприятными агрофизическими свойствами и в условиях засухи не способны к аккумуляции влаги. Почва в метровом слое однообразна по гранулометрическому составу и представлена супесями с преобладанием крупно-, средне- и мелкопесчаных фракций. Агрегатный состав в слое 0–50 см характеризуется доминированием мелких ($< 0,25$ мм) и крупных (> 10 мм) фракций. Почва значительно уплотнена, плотность сложения увеличивается от 1,43 до 1,71 г/см³. Величина наименьшей влагоемкости в верхнем горизонте составляет 10–11%, несколько увеличиваясь в горизонте В_к. Около 70% общей порозности составляют поры диаметром больше 3 мкм при максимальном диаметре пор около 2 мм.

2. В засушливые годы активный влагооборот осадков происходил только в слое почвы 0–20 см. На увлажнение этого слоя достоверное влияние оказывали осадки, выпадающие за 5 дней до срока определения.

3. В условиях двухлетней засухи иссушение каштановой почвы достигало глубины 260 см. Более глубокие слои почвы обладали относительно стабильным увлажнением на уровне 8,5–13,2%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Билтуев А. С., Лапухин Т. П., Будажапов Л. В. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2015. – 141 с.
2. Производственные функции продуктивности овса в сухостепной зоне Бурятии / А. С. Билтуев, Э. В. Будаева, А. К. Уланов [и др.] // Вестн. Бурят. ГСХА им. В. Р. Филиппова. – 2008. – № 2. – С. 49–53.
3. Билтуев А. С., Будажапов Л. В., Норбованжилов Р. Д. Статистические показатели и модели диагностики полевой всхожести овса в земледелии сухой степи // Плодородие. – 2012. – № 2. – С. 23–24.
4. Дабеева М. Д., Цыбенков Б. Б., Билтуев А. С. Влияние климатических факторов на продуктивность яровой пшеницы в условиях сухой степи Бурятии // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 11. – С. 17–24.
5. Уланов А. К. Влажность каштановой почвы в зависимости от основных элементов системы земледелия в условиях сухой степи Западного Забайкалья // Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных природных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2012. – С. 85–88.
6. Уланов А. К. Агрономические аспекты полевых севооборотов сухой степи Бурятии // Вестн. ГАУ Сев. Зуралья. – 2016. – № 1. – С. 114–119.
7. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследований физических свойств почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 413 с.
8. Панфилов В. П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 1973. – 260 с.
9. Мелиорация легких почв в контексте современных вызовов / А. И. Куликов, А. Ц. Мангатаев, М. Н. Сордонова, Г. У. Челпанов. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2014. – 488 с.
10. Будажапов Л. В., Сордонова М. Н. Агромелиоративная коррекция гранулометрического состава легких почв Бурятии // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2014. – С. 21–23.

REFERENCES

1. Biltuev A. S., Lapuhin T. P., Budazhapov L. V. *Klimat, plodorodie pochv i produktivnost' zernovykh kul'tur v aridnykh usloviyakh Zabajkal'ya: sostoyanie i prognoz* [The climate, soil fertility and productivity of crops in arid conditions of Transbaikalia: status and outlook]. Ulan-Udeh: Izd-vo BGSKhA im. V. R. Filippova, 2015. 141 p. (In Russ.).
2. Biltuev A. S., Budaeva E. V., Ulanov A. K. i dr. *Vestnik Buryatskoj GSKHA* [Bulletin of the Buryat State Academy], no. 2 (2008): 49–53. (In Russ.).
3. Biltuev A. S., Budazhapov L. V., Norbovanzhilov R. D. *Plodorodie* [Fertility], no. 2 (2012): 23–24. (In Russ.).
4. Dabaeva M. D., Cybenov B. B., Biltuev A. S. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki* [Siberian herald of agricultural science], no. 11 (2010): 17–24. (In Russ.).
5. Ulanov A. K. *Vlazhnost' kashtanovoj pochvy v zavisimosti ot osnovnykh ehlementov sistemy zemledeliya v usloviyakh suhoj stepi Zapadnogo Zabajkal'ya* [Racional'noe ispol'zovanie pochvennykh i rastitel'nykh resursov v ehkstremaal'nykh prirodnykh usloviyakh]. Ulan-Udeh, 2012. pp. 85–88. (In Russ.).
6. Ulanov A. K. *Vestnik GAU Severnogo Zaural'ya* [Bulletin of the Northern Zauralye State Agricultural University], no. 1 (2016): 114–119. (In Russ.).
7. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. *Metody issledovaniy fizicheskikh svoystv pochvy* [Methods for studying physical properties of soil]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 413 p. (In Russ.).
8. Panfilov V. P. *Fizicheskie svoystva i vodnyj rezhim pochv Kulundinskoj stepi* [Physical properties and water regime of soils of the Kulunda steppe]. Novosibirsk: Nauka, 1973. 260 p. (In Russ.).
9. Kulikov A. I., Mangataev A. C., Sordonova M. N., Chelpanov G. U. *Melioraciya legkih pochv v kontekste sovremennykh vyzovov* [Melioration of light soils in the context of modern challenges]. Ulan-Udeh: Izd-vo BNC SO RAN, 2014. 488 p. (In Russ.).
10. Budazhapov L. V., Sordonova M. N. *Agromeliorativnaya korrekciya granulometricheskogo sostava legkih pochv Buryatii* [Poisk ehffektivnykh reshenij v processe sozdaniya i realizacii nauchnykh razrabotok]. Saint Petersburg, 2014. pp. 21–23. (In Russ.).