

**АГРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЛЕССОВЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
В СВЯЗИ С ВОЗМОЖНЫМИ ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯМИ****AGROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF LOESS CHERNOZEMS OF THE SOUTH-EASTERN PART
OF WEST SIBERIA IN THE CONTEXT OF POSSIBLE HYDRO-TECHNICAL MELIORATION**

Ключевые слова: черноземы, свойства, дисперсность, микроагрегаты, плотность, гидроконстанты, карбонаты, аэрация, гумус.

Черноземы получили распространение на огромной территории лесостепной и степной зон России от европейской части до Забайкалья. Большая широтная и особенно меридиональная протяженность черноземных почв предопределяет неоднородность их агрофизических показателей. Наибольшее количество гумуса в пахотном горизонте черноземов (до 10-13%) содержится в глинистых лугово-черноземных почвах предгорий и межгорных равнин Алтая. Основными его носителями являются фракции мелкой пыли и ила. Лессовые черноземы имеют высокую емкость обмена. В составе поглощенных катионов гумусовых горизонтов преобладает кальций. Выщелоченные черноземы содержат обменный водород. В южных и обыкновенных черноземах вблизи ложбин древнего стока пахотный слой имеет легкосуглинистый состав. Большие массивы Приобья занимают также легкие и среднесуглинистые черноземы. Гумусовые горизонты черноземов предгорных равнин, предгорий и низкоротий Алтая имеют тяжелосуглинистый или глинистый гранулометрический состав. Лессовые черноземы Приобья отличаются высокой влагоемкостью. Такая водовместимость позволяет удержать практически всю влагу атмосферных осадков в теплое время года. ВРК, характерная для легко- и среднесуглинистых черноземов, довольно высока (20-22% от объема почвы). Высокое содержание физической глины и ила в тяжелых по гранулометрическому составу черноземах обеспечивает значительную адсорбционную способность, что определяет повышенную максимальную гигроскопичность. Орошение ведет к уплотнению и снижает порозность аэрации черноземов. Многолетние гидромелиорации способствуют негативным последствиям в отношении теплофизического состояния почвенного профиля черноземов. Теплоемкость в результате длительного орошения увеличивается, в то время как температуропроводность снижается. В результате почва становится более теплоемкой. В ней слабее проявляются процессы тепло- и влагопереноса.

Keywords: chernozems, properties, dispersion, micro-aggregates, density, hydro-constants, carbonates, aeration, humus.

Chernozems are distributed over the vast territory of the forest-steppe and steppe zones of Russia from the European part to Transbaikalia. The large latitudinal and particularly longitudinal extent of the chernozems predetermines the heterogeneity of their agrophysical indices. The greatest amount of humus in the arable horizons of chernozems (up to 10-13%) is found in clayey meadow-chernozem soils of the foothills and intermountain plains of the Altai Region. The main carriers of humus are the fractions of fine dust and silt. Loess chernozems have high exchange capacity. Calcium prevails in the composition of adsorbed cations of humus horizons. Leached chernozems contain exchange hydrogen. In the southern and ordinary chernozems near the ancient dells the arable layer is of light loamy composition. Large areas of the Ob River region are also occupied by light and medium loamy chernozems. Humus horizons of the chernozems of foothill plains, foothills and low mountains of the Altai Region have heavy loamy or clayey particle-size composition. Loess chernozems of the Ob River area are characterized by high soil water capacity. Such water capacity allows keeping almost all precipitation moisture over the warm season. Discontinuous capillary moisture characteristic of light and medium loamy chernozems is quite high (20-22% of the soil volume). The high content of physical clay and silt in heavy chernozems regarding their particle-size composition ensures significant adsorption capacity, and that determines increased maximum hygroscopicity. Irrigation leads to compaction and reduces the aeration porosity of chernozems. Long-term hydro-melioration measures contribute to negative consequences regarding the thermo-physical state of chernozem soil profile. Due to long-term irrigation, thermal capacity increases while thermal diffusivity decreases. As a result, the soil becomes more heat-capacious. The processes of heat and moisture transfer are revealed to a weaker extent in this soil.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Черноземы получили распространение на огромной территории лесостепной и степной зон России от европейской части до Забайкалья. Большая широтная и особенно меридиональная протяженность черноземных почв предопределяет неоднородность их агрофизических показателей.

Климат черноземной зоны характеризуется теплым летом и умеренно-холодной зимой. При переходе с запада на восток уменьшается количество осадков и тепловых ресурсов. Количество осадков уменьшается также с севера на юг. Значительная часть годового количества осадков выпадает летом: в европейской части – 30-40%; азиатской – до 50%. В целом территория черноземных почв отличается недостаточным увлажнением. Гидротермический коэффициент в степной зоне составляет 0,50-0,66.

Профиль исследованных лессовых черноземов, как правило, распространяется на глубину 1,5-2,0 м и более. В нем выделяется ряд генетических горизонтов, таких как гумусово-аккумулятивный, иллювиальный, а также переходные горизонты и почвообразующая порода: Ап + АВ – В (Вк) + ВС(Вск) + Ск. Карбонатные горизонты Вк и Вск в некоторых подтипах могут отсутствовать, особенно в профиле выщелоченных черноземов и лугово-черноземных почв.

Объекты и методы

Объектами исследований явились лессовые черноземы, получившие распространение на территории юго-восточной части Западной Сибири. **Цель** работы – изучение агрофизических свойств черноземных почв. Использовались общепринятые в почвоведении методы.

Результаты исследований

Свойства лессовых черноземов Юго-Западной Сибири. Мощность основного диагностического гумусово-аккумулятивного или элювиального горизонта черноземных почв различна. Минимальна она на южных черноземах (рис. 1), ее совокупная толщина гор. (Ап + АВ) составляет не более 40 см, максимальна у лугово-черноземных почв предгорий Алтая – выше 110 см. Мощность гумусового слоя возрастает в районах повышенного увлажнения. При этом меняется и глубина залегания иллювиально-карбонатного горизонта, только в обратной последовательности (рис. 1).

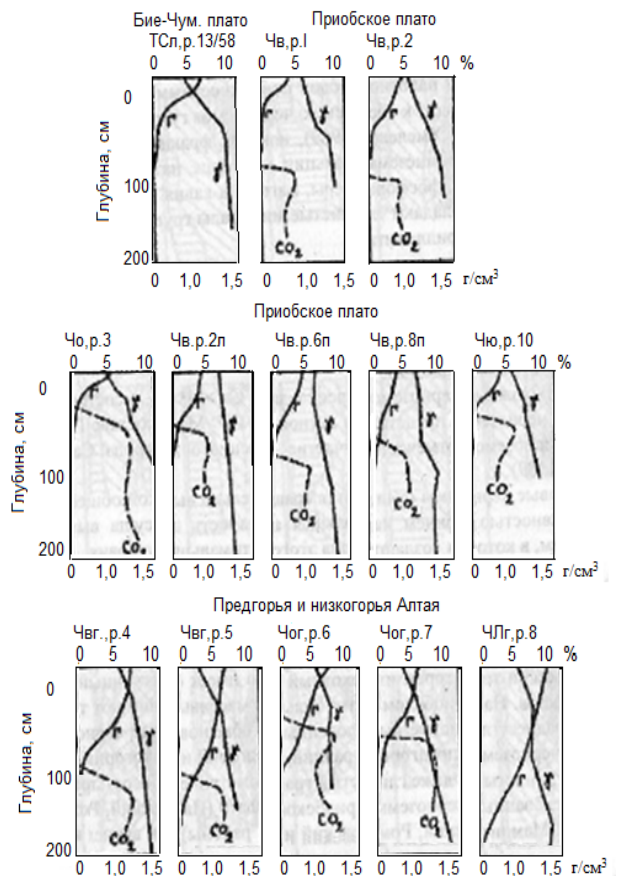


Рис. 1. Содержание гумуса (g), карбонатов (CO₂) в профилях черноземов Юго-Западной Сибири. (γ) – плотность генетических горизонтов чернозёмов

Профиль исследованных черноземов в течение длительного времени подвергается антропогенному воздействию, а гумусовый горизонт довольно деградирован под воздействием ежегодной вспашки или орошения дождеванием. Агротехнические и мелиоративные приемы обуславливают его уплотнение и «заплывание» весной после снеготаяния и летом после обильных дождей. Подпахотный слой уплотнен (рис. 1), т.к. при распашке создается «подплужная подошва».

Переход к иллювиальному горизонту В (Вк) чаще всего ясный, заметный по цвету. Имеются гумусовые затеки бурой окраски. Иллювиальный горизонт комковатый светло-бурого или серого цвета. Карбонаты в горизонтах Вк и Вск представлены пятнами. Вскипание от HCl в черноземах на разной глубине. Почвообразующая порода насыщена карбонатами, отмечается «белоглазка».

Количество гумуса в пахотном горизонте черноземов зависит от ороклиматических особенностей региона. Максимум органического вещества

(до 10-13%) содержится в глинистых лугово-черноземных почвах предгорий и межгорных равнин Алтая (рис. 1). В черноземах предгорий (выщелоченных и обыкновенных) оно лежит в пределах от 7 до 8%, тогда как в суглинистых черноземах Приобского плато составляет от 5 до 6%, а в южных – только 4%. Основными носителями гумуса в лессовых черноземах являются фракции мелкой пыли и ила. Деградация черноземов при распашке и дождевании снижает содержание гумуса в их наиболее дисперсных фракциях [1]. По данным В.А. Хмелева [2-4], в илистой фракции лессовых черноземов мало кремнезема, кальция, марганца, натрия, но большое количество окислов железа, алюминия, фосфора, серы, магния и калия. Кроме того, в иле гумусовых горизонтов преобладают глинистые минералы группы гидрослюд, а в нижних – монтмориллонита.

Лессовые черноземы имеют высокую емкость обмена. В составе поглощенных катионов гумусовых горизонтов преобладает кальций [1]. В ППК южных черноземов имеет место цепочка $Ca^{2+} > M^{2+} > Na$, а состав ППК обыкновенных черноземов представлен катионами $Ca^{2+} > M^{2+}$. Выщелоченные черноземы содержат обменный водород $Ca^{2+} > M^{2+} > H^+$ [2].

Лессовые черноземы характеризуются высокой биологической активностью, при этом ее максимум отмечается в черноземах выщелоченных, в которых создаются оптимальные условия.

Гранулометрический состав лессовых черноземов юго-востока Западной Сибири разнообразен. В южных и обыкновенных черноземах вблизи ложбин древнего стока Приобского плато их пахотный слой отличается облегченным легкосуглинистым составом. Большие массивы Приобья занимают также легкие и, в большей степени, среднесуглинистые выщелоченные и обыкновенные черноземы [5]. Гумусовые горизонты черноземов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая имеют тяжелосуглинистый и даже глинистый гранулометрический состав (рис. 2).

Исследованные черноземы ряда района Алтайского края (Павловский, Ребрихинский, Алейский, Мамонтовский, Романовский и другие районы) как выщелоченные, так и обыкновенные среднесуглинистые (рис. 2). Иногда их профиль довольно сложен. В качестве примера приведем разрез 1 выщелоченного чернозема, гранулометрический состав гумусовых горизонтов которого среднесуглинистый, слой 40-80 см легкосуглинистый, сменяющийся на глубине 80 см и ниже супесью.

Некоторые почвенные профили, особенно легкосуглинистые, содержат определенную часть песчаной фракции (рис. 2), которая в гумусово-аккумулятивном горизонте достигает 30-35%, а в нижележащих – 40-45%. Преобладающей является также фракция крупной пыли (р.1, 2, 3, 2п и др.). Черноземы содержат также значительное количество ила (от 12 до 25%).

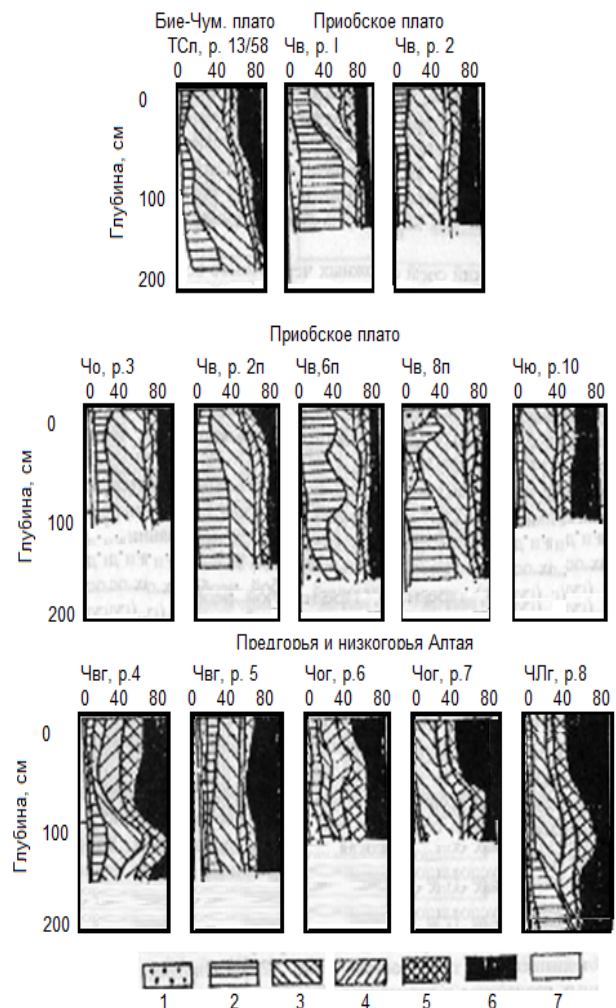


Рис. 2. Гранулометрический состав черноземов Юго-Западной Сибири. Фракции, мм: 1 – 1,0-0,25; 2 – 0,25-0,05; 3 – 0,05-0,01; 4 – 0,01-0,005; 5 – 0,005-0,001; 6 – меньше 0,001; 7 – потеря от HCl, %

В гранулометрическом составе черноземов Предалтайской равнины, предгорий и низкогорий Алтая (рис. 2) преобладает пылеватая составляющая или средняя и мелкая пыль. Больше количество ила (в некоторых разрезах до 40-45%). Выщелоченные горные черноземы обладают повышенным содержанием илистой фракции в средней части профиля на глубине 70-90 см. В целом лессовые черноземы территории тяжелосуглинистые, легко- и даже среднесуглинистые.

В составе крупных фракций черноземов Приобья преобладают кварц (39%) и полевые шпаты (26%). В иле содержатся гидрослюды и монтмориллонит, при этом содержание последнего выше, чем в южных черноземах [4]. Они отличаются высокой удельной поверхностью (100-150 м²/г). Минералогия южных черноземов более однообразна. В скелете почвы преобладают кварц и полевые шпаты, в илистой фракции – гидрослюды.

Крупные фракции горных черноземов также содержат преимущественно кварц и полевые шпаты, а илстые – гидрослюды и монтмориллонит, причем содержание последнего в выщелоченных и обыкновенных черноземах выше, чем в южных.

В лессовых черноземах, которые содержат большое количество ила и органики, ярко выражена способность к микроагрегированию. Первичные связи при формировании микроагрегатов осуществляются прежде всего за счет негидролизующей части гуминов, для которых характерны необратимо скоагулированные комплексы.

Такие микроагрегаты устойчивы к механическим воздействиям, количество их в пахотном слое практически не меняется, хотя коэффициент дисперсности в обыкновенных и выщелоченных черноземах остается выше, чем у южных черноземов. Черноземы предгорий хорошо микроагрегированы. При этом водопрочность агрегатов и способность к структурообразованию в горных обыкновенных черноземах выше, чем в выщелоченных. Хорошая микроагрегированность определяется значительным количеством мелкопылеватых частиц и ила с большой поглотительной способностью.

Для неорошаемых лессовых черноземов характерно пониженное уплотнение и повышенная порозность. Плотность гумусово-аккумулятивных горизонтов в черноземах Приобья составляет 1090-1150 кг/м³. Глубже она постепенно увеличивается, достигая в почвообразующей породе значений в пределах 1550-1600 кг/м³. Плотность сложения генетических горизонтов черноземов предгорий ниже, чем в равнинных.

Общая порозность черноземов Приобского плато значительна. В гумусовых горизонтах она равна 53,3% (Р. 1, 2), 58,1% (Р. 3) и т.д. Вниз по профилю она уменьшается. Порозность аэрации при НВ в пахотном слое довольно велика, особенно в легко- и среднесуглинистых черноземах и

составляет 22-30% от объема почвы. В южных тяжелосуглинистых черноземах она ниже (15-19%), но также достаточна для обеспечения воздухом корневой системы возделываемых культур. В профиле горных глинистых черноземов порозность аэрации в гумусовых горизонтах выщелоченного чернозема (Р. 3) составляет только 10-12%, воздухообеспеченность обыкновенных черноземов – 15-20% (Р. 6), а лугово-черноземных почв – лишь 8-10% (Р. 8).

Лессовые черноземы Приобского плато отличаются высокой влагоемкостью: в пахотном слое легко- и среднесуглинистых вариантов она близка к 30%, в тяжелосуглинистых – к 35%, а в глинистых достигает значений порядка 40-45% в расчете на их объем. В нижележащих легкосуглинистых горизонтах наименьшая влагоемкость уменьшается до 20% среднесуглинистых – до 24, а в более тяжелых – до 30-35%. Такая водовместимость позволяет удерживать практически всю влагу атмосферных осадков в теплое время года. Большая часть почвенной влаги в корнеобитаемом слое (70% НВ) хорошо доступна растениям.

Влажность разрыва капиллярных связей, характерная для легко- и среднесуглинистых черноземов, также довольно высока (20-22% от объема почвы). Влажность завядания их лежит в пределах 10%, возрастая до 17-20% от объема в глинистых черноземах предгорий [6-7].

Высокое содержание физической глины и ила в тяжелых по механическому составу черноземах обеспечивает значительную адсорбционную способность, что определяет повышенную максимальную гигроскопичность (рис. 3).

Итак, в черноземах Приобского плато при увлажнении до НВ половина и более пор остается свободной от воды, и в них сохраняются аэробные условия.

В горных глинистых черноземах увлажнение до НВ резко снижает содержание воздуха (до 10-12%), что необходимо учитывать при орошении, т.к. после полива в почвах возможно создание анаэробных условий. Это подтверждается изучением окислительно-восстановительных реакций в орошаемых черноземах. Морфологические признаки процессов анаэробнобиозиса обнаруживаются и при более высоком воздухоудержании (до 12-20%).

Для лессовых черноземов Приобского плато характерно определенное сочетание воздухонос-

ных пор различного диаметра. Так, в составе порового пространства пахотного слоя выщелоченных среднесуглинистых черноземов преобладают мелкие поры диаметром менее 3 мкм, а на долю средних (3-60 мкм) и крупных (более 60 мкм) приходится, соответственно, 29 и 20% объема общей порозности. Характерно, что почти все крупные поры представлены «макропорами» диаметром более 600 мкм [7-8]. Эти поры в естественных условиях редко заполнены водой и обеспечивают хорошую аэрацию и водоотдачу почв.

В нижележащих горизонтах, менее гумусных и микроагрегированных, содержание мелких пор уменьшается до 40%, крупных – увеличивается до 40%, содержание средних составляет 20% общей порозности.

При таком характере распределения почвенных пор по размерам в почве хорошо выражена такая гидрологическая константа, как ВРК, составляющая 0,70-0,75НВ. В пахотном слое, увлажненном до НВ, обводняется 44% общей порозности (Р-1), и вся влага удерживается только в системе мелких пор, что обуславливает пленочно-связное состояние почвенной влаги. При этом остаются необводненными 30% объема почвы (56% общей порозности).

В пахотном слое обыкновенных черноземов повышено содержание микропор (менее 3 мкм), достигающее 76% общей порозности [8]. Средние и крупные поры занимают, соответственно, 23,2 и 9,6%. С глубиной количество микропор уменьшается до 46%, тогда как средних увеличивается до 35%, а крупных – до 19%. Около 14% принадлежит капиллярным макропорам.

Поскольку большая часть пор в обыкновенных черноземах представлена активными капиллярными порами (средними), то при достижении определенной степени почвенного увлажнения влага в них способна быстро перемещаться к месту физического испарения и поглощаться корнями.

Орошение оказывает сильное влияние на экологию территории. Оросительные нормы, зачастую, разработаны на основе учета только гидрофизических почвенных параметров. Превышение поливных норм выщелачивает почву, способствует развитию подзолообразования и осолодения. Поэтому поливные нормы требуется разрабатывать с учетом физико-химических, физико-механических, теплофизических, биологических

свойств почв, а также климатических, геоморфологических и гидрологических условий. Гидромелиорация должна учитывать зональную специфику. Как показывают результаты исследований, наибольшему воздействию в орошаемых черноземах повержены плотность и пористость. Орошение способствует уплотнению генетических горизонтов почв. При этом средняя плотность пахотного горизонта увеличивается от 12 до 21% [8-9].

Многолетние гидромелиорации приводят к негативным последствиям в отношении теплофизического состояния генетических горизонтов почвенного профиля черноземов. Объемная теплоемкость в результате длительного орошения увеличивается, в то время как температуропроводность мелиорируемых почв снижается. В результате почва становится более теплоемкой. В ней слабее проявляются процессы тепло- и влагопереноса. Снижение таких последствий, на наш взгляд, заключается в использовании оптимальных поливных норм, которые способствовали бы формированию благоприятного гидротермического режима и теплофизического состояния орошаемых черноземов.

Выводы

1. Наибольшее количество гумуса в пахотном горизонте черноземов (до 10-13%) содержится в глинистых лугово-черноземных почвах предгорий и межгорных равнин Алтая. Основными его носителями являются фракции мелкой пыли и ила. Лессовые черноземы имеют высокую емкость обмена. В составе поглощенных катионов гумусовых горизонтов преобладает кальций.

2. В южных и обыкновенных черноземах вблизи ложбин древнего стока пахотный слой имеет легкосуглинистый состав. Большие массивы Приобья занимают также легкие и, в большей степени, среднесуглинистые выщелоченные и обыкновенные черноземы. Для гумусовых горизонтов черноземов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая характерен тяжелосуглинистый и даже глинистый гранулометрический состав.

3. Лессовые черноземы Приобского плато отличаются высокой влагоемкостью: в пахотном слое легко- и среднесуглинистых вариантов она близка к 30%, тяжелосуглинистых – к 35%, а в глинистых достигает значений порядка 40-45% в расчете на их объем. Такая водовместимость

позволяет удержать практически всю влагу атмосферных осадков в теплое время года.

4. Орошение способствует уплотнению и снижает порозность аэрации генетических горизонтов почв. Многолетние гидромелиорации приводят к негативным последствиям в отношении теплофизического состояния почвенного профиля черноземов. Объемная теплоемкость в результате длительного орошения увеличивается, в то время как температуропроводность снижается. В результате почва становится более теплоемкой. В ней слабее проявляются процессы тепло- и влагопереноса.

Библиографический список

1. Хмелев, В. А. Чернозем Кузнецкой котловины / В. А. Хмелев, А. А. Танасиенко. – Новосибирск: Наука, 1983. – 256 с. – Текст: непосредственный.
2. Хмелев, В. А. Лесовые черноземы Западной Сибири / В. А. Хмелев. – Новосибирск: Наука, 1989. – 201 с. – Текст: непосредственный
3. Агрофизические методы исследования почв. – Москва: Наука, 1966. – 258 с.
4. Панфилов, В. П. Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири / В. П. Панфилов; ответственный редактор В. П. Панфилов. – Новосибирск: Наука, 1976. – 544 с. – Текст: непосредственный.
5. Макарычев, С. В. Теплофизические свойства выщелоченных черноземов Алтайского Приобья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук/ Макарычев С. В. – Новосибирск: ИПА СО АН СССР, 1980. – 24 с. – Текст: непосредственный.
6. Бурлакова, Л. М. Почвы Алтайского края: учебное пособие / Л. М. Бурлакова, Л. М. Татаринцев, В. А. Рассыпнов. – Барнаул: Изд-во АСХИ, 1988. – 69 с. – Текст: непосредственный.
7. Панфилов, В. П. Некоторые закономерности влагопереноса в почвах разного механического состава / В. П. Панфилов, С. В. Макарычев, А. И. Лунин. – Москва: Наука, 1982. – С. 13-17. – Текст: непосредственный

8. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние черноземов плодовых садов Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гефке, А. В. Шишкин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 190 с. – Текст: непосредственный.

9. Чащина, Н. И. О порозности эродированных южных черноземов и каштановых почв Кулундинской степи / Н. И. Чащина. – Текст: непосредственный // Водная и ветровая эрозия почв и меры борьбы с ней в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 79-89.

References

1. Khmelev V.A. Chernozem Kuznetskoy kotloviny / V.A. Khmelev, A.A. Tanasienko. – Novosibirsk: Nauka, 1983. – 256 s.
2. Khmelev V.A. Lessovye chernozemy Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1989. – 201 s.
3. Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv. – Moskva: Nauka, 1966. – 258 s.
4. Panfilov V.P. Agrofizicheskaya kharakteristika pochv Zapadnoy Sibiri / otv. redaktor V.P. Panfilov. – Novosibirsk: Nauka, 1976. – 544 s.
5. Makarychev S.V. Teplofizicheskie svoystva vyshchelochennykh chernozemov Altayskogo Priobya: avtoref. diss. na soiskanie uchenoy stepeni kand. biol. nauk. – Novosibirsk: IPA SO AN SSSR, 1980. – 24 s.
6. Burlakova L.M. Pochvy Altayskogo kraya / L.M. Burlakova, L.M. Tatarintsev, V.A. Rassypnov: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo ASKHI, 1988. – 69 s.
7. Panfilov V.P. Nekotorye zakonomernosti vlagoperenosa v pochvakh raznogo mekhanicheskogo sostava / V.P. Panfilov, S.V. Makarychev, A.I. Lunin. – Moskva: Nauka, 1982. – S. 13-17.
8. Makarychev S.V. Teplofizicheskoe sostoyanie chernozemov plodovykh sadov Altayskogo Priobya / S.V. Makarychev, I.V. Gefke, A.V. Shishkin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 190 s.
9. Chashchina N.I. O poroznosti erodirovannykh yuzhnykh chernozemov i kashtanovykh pochv Kulundinskoy stepi // Vodnaya i vetrovaya eroziya pochv i mery borby s ney v Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1976. – S. 79-89.

