

Оригинальная статья

УДК 626.87:556.3:556.3:631.62

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-41-45>

ГИДРОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С.Э. Бадмаева^{1✉}, Ю.В. Бадмаева²^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет; г. Красноярск, Российская Федерация¹ s.bad55@mail.ru; ORCID0009-0006-0272-6608² badmaeva3912@mail.ru; ORCID0009-0002-2489-6326

Аннотация. Озерновская осушительно-увлажнительная система двухстороннего регулирования водного режима запроектирована в Республике Хакасия на территории Ширинского муниципального образования в пойме р. Белый Июс. Техническая схема осушительно-увлажнительной системы была разработана на основании естественных условий объекта: безнапорное питание грунтовыми водами прируслового стока р. Белый Июс и близкое залегание гравийно-галечных отложений значительной мощности с большой дренирующей способностью. Гидролого-геологические условия территории характеризуется тем, что Черноозерновская мульда в силу синклинали залегания характеризуется формированием в ней высоконапорных пластово-трещинных вод. В пределах изучаемого объекта выделены три водоносных горизонта: четвертичных отложений, самохвальской свиты нижнего карбона, надалтайской и алтайской свит нижнего карбона. Воды четвертичных отложений – безнапорные, характеризуются отличной водообильностью, водупором является аргиллитовая глина. На массиве, в пониженных частях, уровень грунтовых вод практически совпадает с дневной поверхностью, и лишь в периферических частях участка по мере увеличения высоты первой надпойменной террасы глубина залегания уровня грунтовых вод увеличивается до 2-3 м. На основной площади массива грунтовые воды имеют гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав. В почвенно-мелиоративном отношении по уровню залегания грунтовых вод на массиве выделены три подрайона.

Ключевые слова: осушение, увлажнение, гидрогеологические условия, почвы, мелиоративное районирование, сооружения

Формат цитирования: Бадмаева С.Э., Бадмаева Ю.В. Гидролого-геологические условия функционирования осушительно-увлажнительной системы. Природообустройство. 2026;Т.19(4):41-45. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-41-45>

Original article

HYDROLOGICAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF FUNCTIONING OF THE DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEM

S.E. Badmaeva,^{1✉} Yu.V. Badmaeva²^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation¹ s.bad55@mail.ru; ORCID0009-0006-0272-6608² badmaeva3912@mail.ru; ORCID0009-0002-2489-6326

Abstract. The Ozernovskaya drainage and humidification system of two-way regulation of the water regime was designed in the Republic of Khakassia on the territory of the Shirinsky municipality in the floodplain of the Bely Iyus River. The technical scheme of the drainage and humidification system was developed based on the natural conditions of the facility: unpressurized groundwater supply from the riverbed runoff of the Bely Iyus River and a close occurrence of gravel and pebble deposits of considerable capacity with high drainage capacity. The hydrogeological and geological conditions of the area are characterized by the fact that the Chernoozerskaya mull, due to its synclinal structure, is characterized by the formation of high-pressure strata-fractured waters. Within the studied area, three aquifers have been identified: those in the Quaternary deposits, the Samokhval Formation of the Lower Carboniferous, and the Naddaltai and Altai Formations of the Lower Carboniferous. The waters in the Quaternary deposits are unconfined and are characterized by excellent water yield; the aquitard is argillaceous clay. On the massif, in the lower parts, the groundwater level practically coincides with the daytime surface, and only in the peripheral parts of the area, as the height of the first above-floodplain terrace increases, does the depth of the groundwater level rise to 2-3 m. On the main area of the massif, the groundwater

has a hydrocarbonate calcium-magnesium composition. From a soil and reclamation perspective, three sub-areas have been identified on the massif based on the groundwater level.

Keywords: drainage, moistening, hydrogeological conditions, soils, land reclamation zoning, structures

Citation format: Badmaeva S.E., Yu.V. Badmaeva. Hydrological and geological conditions for the functioning of a drainage and irrigation system. *Prirodoobustroystvo*. 2026;19(4):41-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-41-45>

Введение. Вопросам функционирования осушительно-увлажнительных систем с различными гидрогеологическими условиями посвящены работы [1, 2]. Мелиоративные мероприятия на таких системах направлены на своевременное удаление из корнеобитаемого слоя избытков влаги и в то же время обеспечивать увлажнение в засушливые периоды вегетации растений. Близкое залегание грунтовых вод, формирование водного режима почв в сложных гидрогеологических условиях диктуют различные способы и методы осушения. Регулированию водного режима аллювиально-торфянистых почв в условиях Средней Сибири посвящены работы [3-6].

Мелиоративные системы двустороннего регулирования, эксплуатируемые в этих природно-климатических условиях, имеют особенности, связанные с морфологическим строением почвенного профиля, которые подразделяются по глубине залегания галечников следующим образом:

- скелетные (кровля галечников находится на глубине 0-20 см);
- неразвитые (галечники находятся на глубине 20-40 см);
- укороченные (подстилаются галечником с глубины 40-80 см);

почвы полного профиля (глубина залегания галечников превышает 80 см [7]).

При бесснежной зиме и низкой температуре воздуха почвы замерзают на большую глубину и относятся к длительно сезонно промерзающим почвам [8]. Климат резко континентальный с холодной продолжительной зимой и жарким коротким летом. Континентальность климата сказывается на больших различиях как между дневными и ночными температурами, так и между температурами зимы и лета. Суточные колебания температур составляют 1-20°C. Максимальная амплитуда колебания температуры в течение года достигает 82,3°C. Максимальная среднесуточная температура июля составляет +17,4°C, минимальная в январе –19,3°C. Устойчивые морозы заканчиваются в третьей декаде марта. Устойчивое промерзание почвы происходит в третьей декаде октября. Глубина промерзания почвы: средняя – 198 см, максимальная – 225.

Цель исследований: изучение гидрогеологических условий формирования

заболоченного массива; проведение почвенно-мелиоративного районирования для дальнейшей эксплуатации системы в современных условиях.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводились на Озерновской осушительно-увлажнительной системе, в пределах юго-западной части Чебаково-Балахтинской впадины, в долине р. Белый Июс в Республике Хакасия, в соответствии с методами почвенных и геолого-гидрологических изысканий [9, 10]. Обследование массива выполнялось с применением беспилотного летательного аппарата Геоскан-201. Использовались картографические материалы, фондовые и архивные данные, для наблюдения за уровнем грунтовых вод применялись наблюдательные скважины.

Результаты и их обсуждение. Для вовлечения заболоченного массива в землепользование были проанализированы гидролого-геологические условия местности. В гидрогеологическом отношении рассматриваемая территория располагается в юго-западной части Чебаково-Балахтинского артезианского бассейна в наиболее опущенной его части Черноозерновской мульды, которая является артезианским бассейном местного значения. В строении мульды принимают участие терригенно-туфогенные отложения нижнего карбона, перекрытые в пределах исследуемого участка четвертичными аллювиальными отложениями. Черноозерновская мульда в силу синклинального залегания характеризуется формированием в ней высоконапорных пластово-трещинных вод. Напорность водоносных горизонтов связана неравномерной трещиноватостью пород и наличием местных водоупоров, представленных чаще всего аргиллитами и туфопесчаниками.

В пределах изучаемой площади выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы:

1. Водоносный горизонт четвертичных отложений (Q).

2. Водоносный горизонт самохвальской свиты нижнего карбона (C₁ vsm).

3. Водоносный комплекс надалтайской и алтайской свит нижнего карбона (C₁ tal + tad).

Водоносный комплекс четвертичных отложений связан с аллювиальными отложениями долины реки Белый Июс, а в краевой части

комплекса – с аллювиально-делювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями. Водовмещающими породами являются гравийно-галечные отложения – в основном с песчаными, а также с суглинистыми заполнителями. Мощность водоносной толщи ориентировочно оценивается в 50 м (по данным наблюдательных скважин, это максимальная мощность). Воды четвертичных отложений – безнапорные. Нижним относительным водоупором является аргиллитоподобная глина – кора выветривания аргиллитов самохвальской свиты нижнего карбона, мощность которой составляет не более 2,0 м.

В кровле водоносной толщи залегают мало-мощные (0,3-0,5, редко 1,5-2,0 м) суглинки и торф болотного генезиса, которые лишь в случае близкого стояния уровня грунтовых вод могут обеспечить незначительный местный напор (не более 0,5 м). Глубина залегания уровня грунтовых вод на большей части исследуемого массива составляет не более 0,51,0 м. В прибрежной части озера Черного наблюдается практическое совпадение уровней грунтовых вод с дневной поверхностью. Максимальные уровни отмечены в октябре.

В периферических частях участка по мере увеличения высоты первой надпойменной террасы глубина залегания уровня грунтовых вод увеличивается до 2-3 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет фильтрации речных вод, инфильтрации атмосферных осадков, а также за счет потоков вод из коренных пород, преимущественно в периферической части водоносного комплекса.

Водоносный комплекс четвертичных гравийно-галечных отложений отличается хорошей водообильностью. Дебиты скважин изменяются от 48 до 518 м³/сут. Удельные дебиты варьируют в широких пределах от 24-60 до 330-2600 м³/сут. Коэффициенты фильтрации составляют 29-230 м/сут.

На основной площади массива грунтовые воды имеют гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав. По мере приближения к склонам коренных вод катионный состав вод становится кальциево-натриевым, а непосредственно в краевой части комплекса – натриево-кальциевым. В прибрежной части озера Черного состав вод идентичен составу озерных вод и определяется как гидрокарбонатный натриево-магниевый.

В районе делювиально-пролювиальных и аллювиально-делювиальных отложений к востоку от озера Черного имеют место гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые воды. Такой состав грунтовых вод обусловлен, по-видимому, подпитыванием их водами коренных пород.

Водоприемником осушаемого болота является река Черная, левобережный приток р. Белый Июс. Река Белый Июс – правый приток реки Чулым, берущий начало из озера, расположенного на хребте Кузнецкого Алатау на высоте 1560 м над уровнем моря. Длина реки – 224 км, площадь водосбора – 5370 км². До водного поста Ефремикино бассейн реки расположен в горной местности, далее – в равнинной. В верхней части русло умеренно извилистое, в средней и нижней части извилистость резко повышается.

В районе осушаемого участка поймы р. Белый Июс – двухсторонняя, имеет ширину 4-5 км. Поверхность поймы изрезана старицами, озерами, промоинами, протоками, проросла кустарником и луговым разнотравьем; пониженные участки заболочены. Наибольшая глубина достигает 4 м.

Река Черная – левобережный приток р. Белый Июс, вытекает из болота вблизи озера Черное. На всем протяжении р. Черная протекает по относительно равнинной местности. Левобережная часть бассейна более высокая, представляет собой равнину с рядом холмов. В верхнем течении правобережная часть долины заболочена. В районе осушаемого участка русло извилистое, имеет ширину 3-5 м и максимальную глубину 0,5-0,8 м; местами заросло водной растительностью. Берега низкие, высотой 0,3-0,5 м; поросли разнотравьем и кустарником.

Озеро Черное – пресное, площадь зеркала составляет 26,7 км², длина – 6 км, ширина – 4,5 км, наибольшая глубина – 4,5 м, средняя глубина – 2,6 м. Осушаемый массив расположен юго-западнее озера.

Основные гидрографические характеристики водотоков приведены в таблице.

Река Белый Июс относится к типу рек со смешанным питанием, с преобладанием снегового. Разнообразие физико-географических условий обуславливает сложный характер уровня режима. Весеннее половодье происходит несколькими волнами за счет таяния снега с разных по высоте частей бассейна и выпадения осадков на спаде половодья. Первый подъем уровня начинается одновременно с процессом интенсивного разрушения ледяного покрова в апреле, второй, более продолжительный, начинается в результате интенсивного таяния снега в высокогорных районах, где располагаются основные запасы снега. Этот подъем начинается в середине мая, в конце или начале июня достигает своего наивысшего значения. Высота подъема составляет 2,0-2,5 м над меженью. Межень устанавливается в июле и продолжается до начала весенних

Таблица. Основные гидрографические характеристики водотоков
Table. Main hydrographic characteristics of watercourses

Река – пункт	Площадь водосбора F, км ²	Длина реки L, км
р. Белый Июс – пос. Малая Ссыя	3520	100
р. Белый Июс – с. Балахчин	3840	122
р. Черная – с. Батанаково	29,6	4,65
р. Черная – дамба	46,0	7,90
Ручей без названия	7,07	6,00
Склон	14,5	2,50

ледовых явлений. В период с июля по сентябрь наблюдаются дождевые паводки, уровни их значительно ниже уровня весенних, и лишь в отдельные годы – наоборот. Продолжительность паводков составляет 3-4 дня. Вскрытие реки происходит во второй половине апреля – начале мая. Весенний ледоход продолжается 4-9 дней.

Река Черная. Наивысшие уровни наблюдаются в конце апреля – начале мая. Подъем уровня весеннего половодья составляет 0,5-1,0 м, в многоводные годы – до 1,5 м над меженью. Во второй половине мая начинается медленный спад уровней, который продолжается до ледостава. Ледостав наступает во второй половине октября. В зимний период на реке наблюдаются наледи, на отдельных участках река перемерзает.

Озеро Черное. Поступление воды в оз. Черное идет за счет талых вод и атмосферных осадков. Родниковое питание является незначительным. Подъем уровня на озере начинается в апреле, наивысшие уровни наблюдаются в конце мая – начале июня, низшие уровни наблюдаются в период зимней межени. Ледостав устанавливается в начале ноября, толщина льда на озере достигает 0,8-1,2 м, очищается ото льда в конце апреля – начале мая. Подъем уровней на озере летом от выпавших дождей составляет 0,1-0,2 м.

В почвенно-мелиоративном отношении по уровню залегания грунтовых вод на массиве выделены три подрайона. Первый подрайон объединяет почвы постоянного увлажнения с глубиной залегания уровня грунтовых вод до 0,5 м, и площадь составляет 1375 га. В этот подрайон включены торфяные маломощные, торфянисто и торфянисто-глеевые, а также лугово-болотные почвы. Торф характеризуется зольностью от 16 до 41%, объемная масса составляет 0,84-1,14 г/см³, естественная влажность колеблется от 52,8 до 68%. Мелиоративные приемы по осушению данного массива заключаются в ускоренном отводе поверхностных вод открытыми каналами.

Второй подрайон площадью 742 га объединяет длительно избыточно увлажненные почвы с глубиной залегания грунтовых вод от 0,5

до 1,0 м. В этот подрайон входят торфянисто-глеевые почвы полного профиля и лугово-болотные почвы неразвитого, укороченного и полного профилей, а также местами скелетные почвы. На этом участке основной задачей мелиоративного приема является поддержание оптимального уровня грунтовых вод для роста и развития культурных растений, что можно достичь шлюзованием.

Третий подрайон – это территория кратковременного избыточного увлажнения с уровнем глубины залегания грунтовых вод глубже 1,0 м на площади 146 га. В засушливые годы здесь необходимо дополнительное увлажнение.

Осушение массива предусматривается редкой сетью каналов, расстояние между транспортирующими собирателями составляет 1500 м. Кроме того, дополнительно через 1000 м между транспортирующими собирателями запроектированы осушители, которые используются и как увлажнительные каналы. Каналы рассчитаны на пропуск максимального расхода 3 м³/сек. (необходимого расхода на увлажнение). Водоприемником осушительной системы является р. Черная.

Увлажнение земель предусматривается двумя способами: методом шлюзования и методом поверхностного затопления по чекам. Восточная часть массива увлажняется способом шлюзования, а западная часть – поверхностным способом.

Выводы

Осушаемый массив по почвенным и гидрогеологическим условиям является сложным объектом. Преобладающими почвами на массиве являются длительно сезонно промерзающие лугово-болотные и в разной степени оглеения торфяные почвы. Лугово-болотные почвы полного профиля являются переходными от незаболоченных территорий к заболоченным и приурочены главным образом к окраинам осушаемого участка. В геологическом отношении в пределах исследуемой территории и на прилегающей площади

распространены терригенно-карбонатные отложения нижнего карбона и аллювиальные, аллювиально-делювиальные, делювиально-пролювиальные, аллювиально-делювиальные четвертичные отложения.

Повсеместно на всем массиве распространены гравийно-галечниковые отложения, которые с поверхности перекрыты легкими и средними суглинками, реже тяжелыми, иногда супесями мощностью от 0,2-0,5 до 1,5-3,0 м. Вблизи от русла

реки Белый Июс гравийно-галечниковые отложения залегают непосредственно с поверхности. Глубина залегания уровня грунтовых вод на большей части территории составляет не более 0,5-1,0 м. Грунтовые воды – в основном пресные с минерализацией 1,0-1,3 г/л.

Для вовлечения заболоченного массива в сельскохозяйственное производство необходимо провести почвенно-мелиоративное районирование с учетом всех вышеизложенных факторов.

Список использованных источников

1. Васильев С.М., Кожанов А.Л. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(01). С. 113-128. URL: http://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf (дата обращения: 28.01.2026).
2. Митрахович А.И., Казмирук И.Ч. Применение осушительно-увлажнительных систем на слабодопроницаемых минеральных почвах // Мелиорация. 2025. № 4. С. 23-28.
3. Бадмаева С.Э. Регулирование водного режима аллювиально – торфянисто – глеевых почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2025. № 5. С. 13-17.
4. Бадмаева Ю.В. Мелиоративные мероприятия по оптимизации свойств агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 20-24.
5. Бадмаева Ю.В., Мурадян Г.А. Экологические ограничения мелиоративных режимов в агроландшафтах // Естественные и технические науки. 2023. № 5. С. 390-391.
6. Снежко В.Л., Бенин Д.М., Шишкин А.В., Бойко А.В., Скрипкин А.В. Современные изменения мелиоративного состояния орошаемых земель Алтайского края // Природобустройство. 2022. № 4. С. 13-21. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21. EDN: VUCEVN
7. Танзыбаев М.Г. Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, 1993. 256 с.
8. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М., 1972. 360 с.
9. Корабельников Н.А., Устименко Ю.А., Пасмарнова С.П. Полевые методы гидрогеологических и инженерно-геологических исследований: учебное пособие. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2022. 181 с.
10. Шеина Е.В., Болотова А.Г., Домбовецкий А.В. Гидрология почв агроландшафтов: количественное описание, методы исследования, обеспеченность почвенных запасов влаги // Почвоведение. 2021. № 7. С. 1076-1084. EDN: RSNNXM

Информация об авторах

Софья Эрдыниева Бадмаева, д-р биол. наук, заведующая кафедрой кадастра застроенных территорий и геоинформационные технологии, профессор; ORCID0009-0006-0272-6608, РИНЦ AuthorID: 266492; s.bad55@mail.ru

Юлия Владимировна Бадмаева, канд. хим. наук, доцент; ORCID0009-0002-2489-6326, РИНЦ AuthorID: 830416; badmaeva3912@mail.ru

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interest

Вклад авторов

С.Э. Бадмаева – общее научное руководство исследованием
Ю.В. Бадмаева – работа с литературными источниками, оформлении библиографического списка, формулировка выводов,
Поступила в редакцию / Received 10.02.2026

Поступила после рецензирования / Received 18.08.2026

Принята к публикации после доработки / Accepted 28.08.2026

References

1. Vasiliev S.M., Kozhanov A.L. Modeling of the design process of the elements of the drainage part of the reclamation system of dual regulation of the water regime // Ecology and water management [Electronic resource]. 2019. № 1(01). P. 113-128. URL: http://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf (date of reference: 01/28/2026).
2. Mitrakhovich A.I., Kazmiruk I.Ch. Application of drainage and humidification systems on low-permeability mineral soils // Melioration. 2025. No. 4. P. 23-28.
3. Badmaeva S.E. Regulation of the water regime of alluvial – peat – gley soils // Land reclamation and water management. 2025. No. 5. From 13-17.
4. Badmaeva Yu.V. Land reclamation measures to optimize the properties of agricultural landscapes // Land reclamation and water management. 2023. No. 3. P. 20-24.
5. Badmaeva Yu.V., Muradyan G.A. Ecological restrictions of land reclamation regimes in agrolandscapes // Natural and technical sciences. 2023. No. 5. P. 390-391.
6. Snezhko V.L., Benin D.M., Shishkin A.V., Boyko A.V., Skripkin A.V. Modern changes in the reclamation status of irrigated lands of the Altai Territory // Prirodobustroistvo. 2022. No. 4. P. 13-21. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-13-21. EDN: VUCEVN
7. Tanzybaev M.G. Soils of Khakassia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1993. 256 p.
8. Dimo V.N. Thermal regime of soils of the USSR. Moscow, 1972. 360 p.
9. Korabelnikov N.A., Ustimenko Yu.A., Pasmarnova S.P. Field methods of hydrogeological and engineering-geological research: a textbook. Voronezh State University. Voronezh: VSU Publishing House, 2022. 181 p.
10. Sheina E.V., Bolotova A.G., Dombovetsky A.V. Soil hydrology of agrolandscapes: quantitative description, research methods, availability of soil moisture reserves // Soil science. 2021. No. 7. P. 1076-1084. EDN: RSNNXM

About the Authors

Sofya Er. Badmaeva, D.Ss. (Biology), professor; ORCID0009-0006-0272-6608, RSCI Authorid: 266492; s.bad55@mail.ru

Yulia Vl. Badmaeva, CSs (Agro), associate professor; ORCID0009-0002-2489-6326, RSCI Authorid: 830416; badmaeva3912@mail.ru