



ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ
ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ
REMOTE SENSING

DOI 10.51885/1561-4212_2023_3_28

МРНТИ 44.29.01

**А.А. Калачев¹, С.В. Роговский¹, Е.В. Никулина¹, С.С. Лутай², Е.А. Асангалиев²,
Н.В. Валитова²**

¹Алтайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени А.Н. Букейхана, г. Риддер, Казахстан

*E-mail: Kalachev_75_los@mail.ru**

E-mail: ridder_los@mail.ru

E-mail: ridder_los@mail.ru

²НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: sslutai@mail.ru

E-mail: elibek60@mail.ru

E-mail: valitova-n@mail.ru

ОРМАН ЕКПЕЛЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНЫҢ РУДАЛЫҚ АЛТАЙ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ РУДНОГО АЛТАЯ

THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF FOREST PLANTATIONS ON SOIL MOISTURE INDICATORS IN THE CONDITIONS OF THE RUDNY ALTAI

Аңдатпа. Орманның гидрологиялық рөлін бағалау кезінде зерттеушілер ағынның әртүрлі компоненттеріне әсер ететін маңызды факторлардың бірі ретінде топырақ пен астыңғы жыныстардың су-физикалық қасиеттеріне көп көңіл бөледі. 2021-2022 жылдар аралығында Рудный Алтайдың орта тау-тайга белдеуінде, Ертіс өзенінің салаларының бірі Журавлиха өзенінің бассейнінің шекарасында екпелер құрамының топырақ ылғалдылығына әсерін зерттеу жүргізілді. Зерттеудің мақсаты-әртүрлі фитоценоздардағы топырақтың ылғалдылығы мен су өткізгіштігін зерттеу негізінде олардың орман-таксациялық көрсеткіштерімен ерекшеленетін екпелердің гидрологиялық рөлін бағалау.

Түйін сөздер: Рудный Алтай, топырақтың ылғалдылығы, екпелердің құрамы.

Аннотация. При оценке гидрологической роли леса большое внимание исследователи уделяют водно-физическим свойствам почвы и подстилающих пород, как одному из важных факторов, влияющих на различные составляющие стока. В течение 2021-2022 гг. в среднем горно-таежном поясе Рудного Алтая, в границах бассейна р. Журавлиха, одного из притоков реки Иртыша, проводилось изучение влияния состава насаждений на влажность почвы. Цель исследований – на основе изучения влажности и водопроницаемости почв в различных фитоценозах оценить гидрологическую роль насаждений, различающихся по своим лесоводственно-таксационным показателям.

Ключевые слова: Рудный Алтай, влажность почвы, состав насаждений.

Abstract. When assessing the hydrological role of forests, researchers pay great attention to the water-physical properties of soils and underlying rocks, as one of the important factors affecting various components of runoff. During 2021-2022, in the middle mountain-taiga belt of the Ore Altai, within the

boundaries of the basin of the Zhuravlykha River, one of the tributaries of the Irtysh River, the influence of the composition of plantings on soil moisture was studied. The purpose of the research is to evaluate the hydrological role of plantings differing in their forestry and taxation indicators based on the study of soil moisture and water permeability in various phytocenoses.

Keywords: Ore Altai, soil moisture, composition of plantings.

Введение. Согласно классификации Д.И. Назимовой (1975) горные леса Рудного Алтая (Западно-Алтайская лесорастительная провинция) относятся к Алтае-Саянской горной лесорастительной области и произрастают в пределах ее западной окраины. Основной лесобразующей породой в регионе является пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), насаждения которой, формируют, так называемые черневые леса (чернь), где также в составе присутствует береза (*Betula pendula* Roth.) и осина (*Populus tremula* L.). Темнохвойные леса Рудного Алтая вносят определенный вклад в регулирование климата на региональном уровне, играют важную средообразующую и средоулучшающую роль. На локальном уровне они выполняют почвозащитные, водоохранннные и водорегулирующие функции. Являясь резервуаром чистого воздуха и влияя на санитарно-гигиенический режим окружающей территории, они благотворно влияют на здоровье населения.

На протяжении последних двух столетий леса региона подвержены воздействию пожаров и рубок, в результате которого произошло значительное изменение их породного состава. Крупномасштабные нарушения лесного покрова в регионе влияют на процессы формирования водных ресурсов и гидрологические циклы, в частности, на водосборной площади Верхнего Иртыша; под влиянием рубок и пожаров изменяются водорегулирующие и водоохранно-защитные функции производных фитоценозов.

При оценке гидрологической роли леса, большое внимание исследователи уделяют водно-физическим свойствам почв и подстилающих пород, как одному из важных факторов, влияющих на различные составляющие стока.

Авторы данной работы сконцентрировали основное внимание на изучении влажности почв в коренных и производных насаждениях исследуемого региона. Эти показатели наиболее полно раскрывают сущность водоохранннных, водорегулирующих и почвозащитных функций леса. Они поддаются количественному определению и учитывают наиболее важные факторы среды: характер растительности, генетический тип и особенности строения почв, их механический состав.

Цель исследований – на основе изучения влажности и водопроницаемости почв в различных фитоценозах оценить гидрологическую роль насаждений, различающихся по своим лесоводственно-таксационным показателям.

Литературный обзор. Взаимоотношениям лесной и степной растительности и почвы с гидрологической точки зрения посвящено достаточно много публикаций (Высоцкий, 1952; Роде, 1963, 1969, 2009; Молчанов, 1969; Капотов, Капотова, 1980; Идзон, 1980; Лебедев, 1982; Зайдельман, 1985; Винников, Есеркепова, 1989; Крестовский, 1986; Капотов, Шутов, 1993; Гридасов, 2000; Терлеев, 2000; Полуэктов, Терлеев, 2002, 2005; Сизов, 2003; Шутов, Капотов, 2006; Беховых и др., 2011; Базыкина, 2014; Сапанов, 1990, 2002, 2006, 2016; Дубенок Н.Н. и др., 2021 и др.) [5,7,9,14].

Беховых Ю.В., Е.Г. Сизовым и А.Г. Болотовым (2011) были проведены наблюдения за режимом влажности серых лесных почв Обь-Чумышского междуречья суглинистой разновидности под естественным лесным покровом и на сплошной вырубке. При изучении особенностей естественного увлажнения наиболее корнеобитаемых почвенных горизонтов в березняках было установлено, что максимальная влажность исследованных почвенных горизонтов наблюдается весной. В этот период, по мнению авторов, наблюдается наиболее высокие почвенные запасы влаги за счёт осеннего и зимнего снегонакопления. Также отмечено, что накопление влаги в почвенных горизонтах под лесом происходит более

интенсивно, чем на вырубке [4].

М.К. Сапановым (2016) проведен обзор результатов 65-летних стационарных исследований почвенной влаги, выполненных А.А. Роде и сотрудниками Джаныбекского стационара. Выявлены механизмы перераспределения атмосферных осадков по территории в процессе переноса снега и особенности формирования поверхностного стока талых вод. Определены почвенно-гидрологические константы: полная и наименьшая влагоемкость, влажность разрыва капиллярных связей, влажность завядания. Дана оценка эффективности атмосферных осадков и чистого пара в засушливых условиях, а также роли парообразной влаги в водообеспеченности древесных насаждений. Изучены особенности водного режима и влагооборота целинных и мелиорируемых в системе лесных полос солончаковых солонцов, светло-каштановых и лугово-каштановых почв [15].

Распределение теплофизических свойств в почве определяется влажностью, гранулометрическим составом, плотностью и другими агрофизическими показателями ее генетических горизонтов (С.В. Макарычев и Л.В. Лебедева, 2017). При сравнении серых лесных и дерново-подзолистых типов почв ими установлено, что по степени дисперсности, исследованные серые лесные почвы относятся к супесчаной, а дерново-подзолистые – к песчаной разновидностям. Влажность завядания в первом случае составляет 6 %, а во втором – 2 %. Наименьшая влагоемкость в горизонтах серой лесной почвы варьирует в пределах от 31 до 39 %, а в дерново-подзолистой не достигает и 6 %. Это определяется различным гранулометрическим составом почвенных разностей. При всех гидрологических константах объемная теплоемкость серой лесной почвы выше, чем дерново-подзолистой [12].

В.А. Шутовым и А.А. Капотовым (2006) представлен предварительный анализ информации о запасах почвенной влаги по данным многолетних наблюдений на экспериментальном водосборе, расположенном на Валдайской возвышенности. В результате исследований и анализа годового цикла, повторяемости и многолетних колебаний запасов влаги установлено, что основной особенностью внутригодового хода влагозапасов почвы является его цикличность, предопределенная цикличностью гидрологических процессов. Другая характерная особенность – различная от месяца к месяцу изменчивость влагозапасов во времени. По мнению авторов, существует два момента времени (в апреле и в октябре), когда влагозапасы примерно равны влагоемкости и именно октябрь можно считать начальным месяцем гидрологического года. Основными особенностями годового цикла влагозапасов является их небольшая изменчивость весной, сразу после окончания снеготаяния, и большая – в феврале и июле [18].

Одним из наиболее неблагоприятных прогнозов последствий глобального потепления на территории Брянской области, по мнению В.С. Селютина (2016), является уменьшение содержания влаги в деятельном слое почвы (глубиной до 1,0 м) в летний период. За каждый год анализируемого периода (1976-2010 гг.) были определены относительные значения содержания влаги в почве, анализ которых показал, что наибольшее уменьшение запасов влаги в деятельном слое почвы произошло на востоке региона, а наименьшее – на его западе и юго-западе. Уменьшение влагосодержания почвы в летний период на всей рассматриваемой территории косвенно свидетельствует об увеличении повторяемости засух и усиления их интенсивности [16].

Заслуживают внимания результаты исследований, выполненных Умаровой А.Б (2011), которыми теоретически и экспериментально на различных природных и искусственных объектах обоснованы роль, значение и условия формирования и функционирования преимущественных потоков влаги и веществ в почве [17].

К настоящему времени, благодаря работам М.И. Львовича (1969), Б.В. Полякова, И.А.

Кузника (1968), Г.В. Назарова (1970), Т.В. Ворониной (1975), Ф.Р. Зайдельмана (1985), Б.Ф. Апарина и Т.С. Савельевой (1993), Ю.Н. Буевой (2005), В.Н. Михайлова и др. (2007), С.В. Ясинского (2009), О.И. Ивановой (2011), И.А. Голубева и др. (2021) и многих других, сложилось обоснованное представление о гидрологической роли почвы и ведутся исследования, позволяющие оценить ее количественно. Следует ответить, что этому во многом способствовало появление дифференцированного, шестикомпонентного уравнения водного баланса, некоторые элементы которого очень тесно связаны с почвенными характеристиками [1, 2, 6, 8, 10, 13, 19].

Материалы и методы исследования. Изучение влажности почв проводилось на мониторинговых площадях в пределах среднего горно-таежного высотного пояса Рудного Алтая на склонах западной экспозиции крутизной 15-25°. Исследуемые участки находятся в бассейне реки Журавлиха, притока реки Ульба, водосборная площадь которой относится к зоне формирования стока Верхнего Иртыша (рис. 1). Расположение мониторинговых площадей на примерно одном высотном уровне (930-970 м н.у.м), склонах одной экспозиции и крутизны предполагает однородность климатических условий. В табл. 1 приведены лесотаксационные показатели мониторинговых объектов.

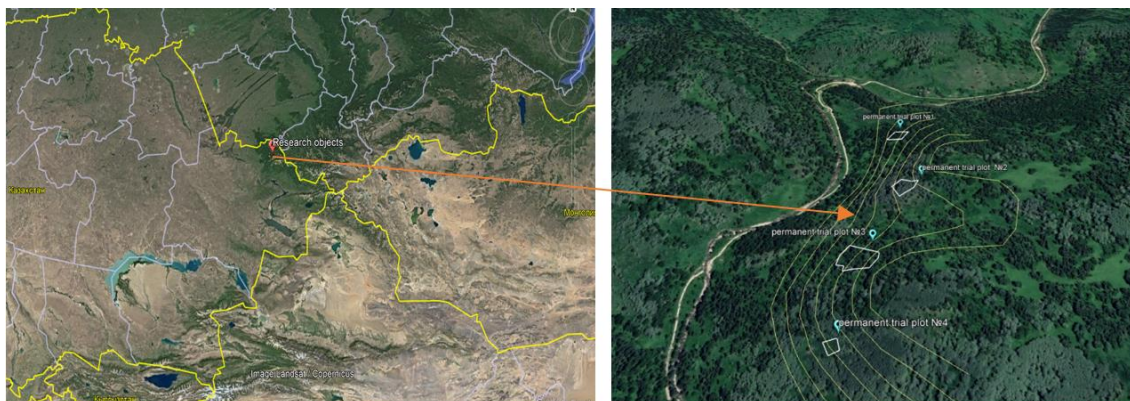


Рисунок 1. Расположение объектов исследований

Таблица 1. Лесотаксационные показатели постоянных пробных площадей

№ ППП	Состав	Тип леса (фитоценоз)	Возраст, лет	Средние		Сумма пл. сечений, м ² /га	Касс бони-геста	Запас, м ³ /га	Относительная полнога
				Высота, м	Диаметр, см				
1	10Б	Березняк травяной	41	15,6	14,9	24,18	I	180	1,09
2	10Ос+Б	Осинник травяно- папоротниковый	Ос 60	229	22,0	27,11	I	281	0,81
			Б 59	21,6	27,3	1,51		15	
3	8П2Б	Пихтач травяно- папоротниковый	П 80	17,3	20,7	16,57	III	135	0,72
			Б 80	18,0	36,8	4,15		35	
4	8Аж2Тв	Кустарники	Аж	1,5	2,0	2	V		0,5
			Тв	1,5	1,0	2			

П – пихта, Б – береза, Ос – осина, Аж – акация желтая, Тв – таволга (спирея средняя)

Определение влажности почвенного покрова в исследуемых насаждениях проводилось согласно общепринятым методикам. Для анализа механического и химического состава почв на каждой мониторинговой площадке были заложены почвенные разрезы и отобраны образцы, анализ которых был выполнен в почвенной лаборатории ТОО «КазНИИДХА им. А.Н. Букейхана».

При выполнении исследований влажности почвы применялся термостатно-весовой метод (Мазиров и др., 2012), с помощью которого определялась массовая или весовая естественная влажность (W) [11]. Образцы почв для определения ее влажности ежемесячно отбирались на пробных площадях. Отбор проб на исследование естественной влажности на пробных площадях проводили почвенным буром. Пробы брались в 3-кратной повторности. Массовая или весовая естественная влажность (W) рассчитывалась по формуле (1).

$$W \% \text{ от массы} = \frac{b-v}{v-a} * 100\% \quad (1)$$

где, a – масса бюкса, г; b – масса бюкса с сырой почвой, г; v – масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г; $(b - v)$ – масса воды, г; $(v - a)$ – масса сухой почвы, г.

Результаты и их обсуждения. В каждом из изучаемых типах леса в границах мониторинговых площадей для изучения механических и химических свойств почв были заложены почвенные разрезы.

Разрез № 1/Березняк.

Заложен в средней части пробной площади. Состав – 10Б. Тип леса – Березняк травяной (БТ). Подлесок редкий: спирея средняя (*Spiraea media* L.), акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.), смородина красная (*Ribes rubrum* L.) и др. Живой напочвенный покров (ЖНП) густой, преобладает злаковое разнотравье, из крупнотравья встречаются чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.), скерда сибирская (*Crepis sibirica*), борец высокий (*Acónitum septentrionale*), дудник лекарственный (*Angélica archangélica*), дудник лесной (*Angélica silvestris*) борщевик (*Heraclеum dissectum* Ledeb.), володушка золотистая (*Vupleúrurum auréum*), чина Гмелина (*Lathyrus gmelinii*), пион уклоняющийся (*Paeónia anómala* L.) и др. Подрост редкий – пихта, 5-12 лет, береза () единично. Является производным.

A0 – 0-5 см. Рыхлая дернина, сильно пронизанная корнями, с обилием растительных остатков.

A1 – 5-20 см. Серой окраски, сильно пронизан корнями древесной и травянистой растительности, структура комковато-зернистая, рыхлого сложения, переход ясный.

A2 – 20-40 см. Светло-серый, пронизан корнями древесных и травянистых растений, легкосуглинистый, структура мелко-ореховатая, переход в следующий горизонт заметный.

B – 40-70 см. Бурый с сероватым оттенком, ореховато-комковатый, влажный, тяжелосуглинистый, уплотненный, с вкраплениями щебня, переход постепенный.

BC – 70-86 см. Светло-бурый, сырой, среднесуглинистый, комковатой структуры со значительным количеством щебня.

C – более 86 см. Глина и каменные плиты.

Почва: горнолесная серая.

Разрез № 2. Осинник

Заложен в средней части пробной площади. Состав – 10Ос. Тип леса – осинник травяно-папортниковый (ОсТП). В подлеске (густой, неравномерный) акация желтая, смородина красная, и др. В ЖНП преобладает разнотравье (высотой от 20-1,0 м): борец высокий, живокость высокая (*Delphinium elatum*), папоротники (щитовник (*Dryópteris filix-mas*

L.), кочедыжник (*Athyrium filix-femina* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), володушка золотистая, скерда сибирская, чемерица Лобеля, василистник водосборолистный (*Thalictrum aquilegifolium*), пион уклоняющийся, борщевик и др. Из злаковых преобладают ежа сборная (*Dactylis glomerata*), бор развесистый (*Milium effusum*), костер безосный (*Bromus inermis*), осоки (*Carex altaica*, *C. sylvatica* H.). В подросте единично встречается пихта (редко), возраст более 20 лет. Является производным.

A0 – 0-10 см. Рыхлая дернина темно-серой окраски, сильно пронизанная корнями, с обилием растительных остатков.

B – 10-24 см. Светло-бурой окраски, сильно пронизан корнями древесной и травянистой растительности, с вкраплениями супеси и камней, переход ясный.

BC – 24-40 см. Светло-бурый с сероватым оттенком, ореховато-комковатый, влажный, тяжелосуглинистый, уплотненный, со значительным количеством щебня

C – более 40 см. Глина и каменные плиты

Почва: горнолесная серая.

Разрез № 3. Пихтач.

Заложен в средней части пробной площади. Пихтовый древостой IV класса возраста имеет состав 8П2Б, средние показатели высоты и диаметра составляют, соответственно, 17,3 мм и 20,7 см. Сумма площадей поперечных сечений составляет 16,57 м²/га (относительная полнота 0,72). Класс бонитета – III, тип леса – ПТП (пихтач травяно-папоротниковый) с общим запасом древесины 170 м³/га, в т.ч. пихты – 135 и березы – 35 м³/га. В подросте преобладает пихта сибирская высотой от 0,3 до 2,0 м, также встречается береза и осина. Подлесок густой и представлен рябиной (*Sorbus sibirica* Hedl.), малиной (*Rubus idaeus* L.), бузиной (*Sambucus racemosa*), черемухой (*Rádus*), акацией желтой, смородиной, равномерно произрастающих на участке. Основные виды злаков: костер безостый, вейник притупленный (*Calamagrostis agrostioides* Matuszk), овсяница гигантская (*Festuca gigantea*), бор развесистый, перловник поникший (*Mélica nútans*) и др. Разнотравье (высотой от 5 до 40 см, на опушках до 1,0 м): под кронами – кисличка (*Oxalis acetosella*), ясменник душистый (*Asperula graveolens*), незабудка (*Myosótis*), фиалка двухцветковая, подмаренник (*Viola biflora*), василистник водосборолистный, вороний глаз (*Paris quadrifolia*), мхи (*Bryophyta*). На прогалинах, опушках и открытых местах встречаются пион уклоняющийся, папоротники (щитовник, кочедыжник), чемерица Лобеля, Соссюрея горькая (*Saussurea amara* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), синюха голубая (*Polemonium caeruleum*), чистец лесной (*Stachys sylvatica*), золотарник (*Solidago virgaurea*), борщевик и др. Особенностью участка также является наличие сухостоя и валежника.

A1 – 0-14 см. Рыхлая суглинистая дернина, сильно пронизанная мелкими корнями, с обилием растительных остатков.

A2 – 14-35 см. Серый с светло-бурой окраской, сильно пронизан корнями древесной и травянистой растительности, легкосуглинистый, влажный, комковатой структуры, рыхлого сложения, переход ясный.

B – 35-62 см. Бурый с сероватым оттенком, ореховато-комковатый, влажный, тяжелосуглинистый, уплотненный, переход постепенный.

BC – 62-70 см. Бурый, сырой, среднесуглинистый, комковатой структуры, плотный, со значительным количеством щебня;

C – более 70 см. Глина и каменные плиты

Почва: горнолесная серая.

Разрез 4. Кустарники

Почвенный разрез заложен в верхней части пробной площади, где наблюдаются заросли

густых кустарников из акации желтой с участием спиреи средней. Высота кустарников достигает 1,5 м с диаметром 2,0 см. Проекционное покрытие пробной площади составляет 90-95 %. На открытых местах пробной площади, тяготеющих к юго-западной ориентации, имеются выходы материнской породы с неглубокими почвами и злаковой травянистой растительностью. Преобладают злаки, осоки. Из разнотравья: подмаренник (*Galium L.*), душица (*Origanum vulgare*), водосбор (*Aquilegia vulgaris L.*), Смолевка обыкновенная (*Silene vulgaris*) и др.

A1 – 0-10 см. Рыхлая серая дернина, сильно пронизанная мелкими корнями, с обилием растительных остатков, с вкраплениями щебня мелкой фракции.

A2 – 10-20 см. Рыхлая серая, сильно пронизана корнями кустарниковой и травянистой растительности, легкосуглинистый, влажный, комковатой структуры, рыхлого сложения, с вкраплениями щебня мелкой, средней и крупной фракциями.

B – 20-30 см. Бурый с сероватым оттенком, тяжелосуглинистый, уплотненный, переход постепенный с вкраплениями щебня средней и крупной фракций.

BC – 30-35 см. Уплотненный, супесчаный, каменные плиты

C – более 35 см. Каменные плиты

Почва: горнолесная серая.

Механический состав почв приведен в табл. 2.

Таблица 1. Механический состав почв

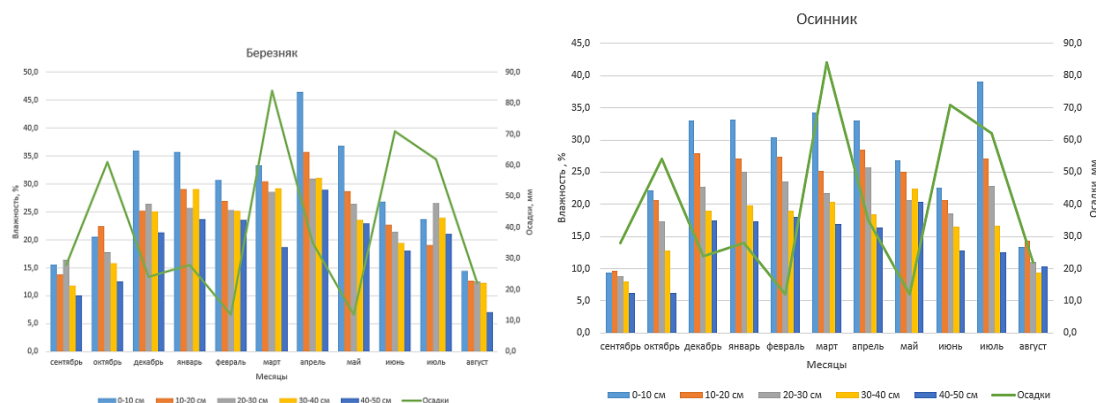
Тип леса	Глубина взятия образца, см	Количество фракций в процентах к сухой почве							сумма фракций		Гигроскопическая влага, %
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	<0,01	>0,01		
Березняк травяной	0-5	0,16	30,24	33,47	12,97	11,67	11,50	36,14	63,86	7,14	
	5-20	0,15	44,86	21,30	11,74	10,55	11,40	33,69	66,31	6,31	
	20-40	0,11	35,37	21,92	16,10	12,74	13,75	42,59	57,41	4,58	
	40-70	0,11	28,84	30,24	13,99	11,93	14,89	40,81	59,19	2,78	
	70-76	0,15	30,73	27,96	14,06	14,02	13,09	41,16	58,84	1,27	
Осинник травяно-папоротниковый	0-10	0,96	44,82	21,44	11,39	10,31	11,09	32,79	67,21	7,65	
	10-24	1,04	42,00	22,54	11,73	12,85	9,85	34,43	65,57	3,80	
	24-30	0,66	41,66	23,35	10,57	14,80	8,96	34,33	65,67	2,71	
Пихтач травяно-папоротниковый	0-14	0,14	18,16	16,38	39,86	10,75	14,72	65,33	34,67	13,30	
	14-35	0,13	31,62	24,60	19,79	9,62	14,23	43,64	56,36	4,41	
	35-62	0,15	29,20	23,63	20,74	10,78	15,49	47,02	52,98	3,18	
	62-70	0,18	32,88	24,44	17,48	11,05	13,96	42,50	57,50	1,17	
Кустарники	0-10	0,17	18,97	16,00	41,91	13,39	9,55	64,86	35,14	12,49	
	10-20	0,21	25,72	23,38	37,80	13,91	8,98	60,68	39,32	8,25	
	20-30	0,98	31,79	27,81	14,28	15,35	9,85	39,48	60,52	3,35	
	30-35	0,58	29,04	30,63	13,68	15,68	10,40	39,76	60,24	2,31	

Влажность почвы является ключевым параметром для многих научных и практических

применений, включая исследование различных компонентов водного баланса в различных пространственных и временных масштабах (Shehata M. Et.al., 2022; Wilson K., et.al., 2001). Осадки признаны основным фактором, влияющим на почвенную влагу и эвапотранспирацию (Condon L.E., et.al., 2020) [20,21,22,23]. Анализ полученных данных показал общие тенденции снижения влажности почвы по горизонтам – на всех объектах происходит снижение этого показателя с глубиной отбора образцов (рис. 2).

Возможно, это связано с тем, что грунтовые воды в связи с высокой щебнистостью почво-грунтов залегают достаточно глубоко и не оказывают влияния на верхние горизонты почвы, тогда как лесная подстилка и гумусовый горизонт обладают способностью аккумулировать влагу и сохранять ее достаточно длительное время. При этом следует отметить различия в изменении влажности почвы по горизонтам для различных насаждений. Более высокой влажностью характеризуются верхние горизонты в березняке в отличие от пихтарника и осинника (рисунок 2). В пихтовом насаждении (рисунок 2) наблюдается наиболее высокая влажность почвы среди изученных фитоценозов и ее распределение по всем слоям происходит более равномерно, чем в лиственных насаждениях и кустарниках. Высокая влажность почвы здесь сохраняется до максимальной глубины взятых образцов, что достаточно четко просматривается на графике. Несмотря на то, что верхний горизонт в пихтовом насаждении уступает по влагозапасам березняку, в целом, для почвенного покрова в пихтарнике характерна стабильность этого показателя до глубины 50 см.

Наиболее низкая влажность почвы в осиннике (рис. 2), очевидно, связана с более высоким расходом влаги на транспирацию. Согласно литературным данным, интенсивность транспирации осины в таежных экосистемах черневой тайги Западного Саяна в 1.5 раза выше, чем у березы и в 2-3 раза выше, чем у пихты (Бейдеман, 1980).



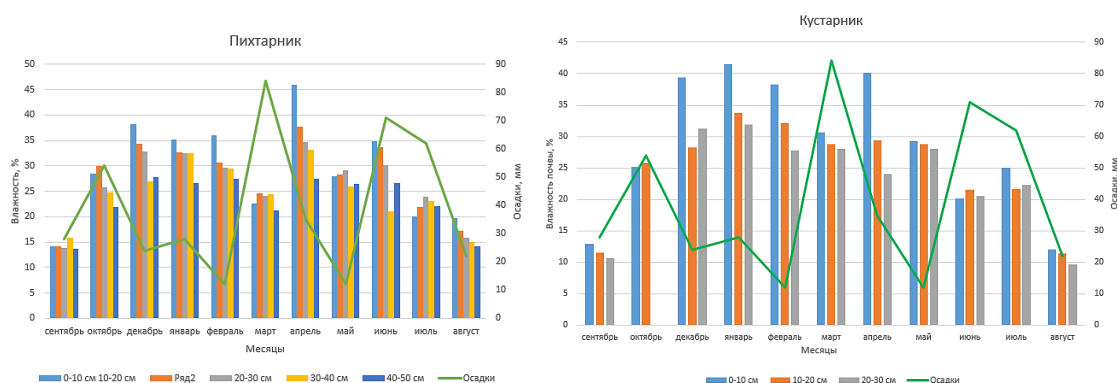


Рисунок 2. Изменение показателей влажности почвы на мониторинговых объектах за период сентябрь 2021 года – август 2022 года

По данным Т.А. Бурениной с соавторами (2011) расход влаги на транспирацию в пятидесятилетних осинниках выше на 40 %, чем в пихтовых насаждениях этого же возраста [3].

Анализ изменения влажности почвы во временном аспекте показывает очень тесную связь с выпадением осадков и различными сезонными процессами. Наибольший процент влажности на всех участках отмечен в апреле, во время снеготаяния. В зимние месяцы чуть меньше, но также сохраняется высокая влажность почвы, за счет большого снежного покрова, биологических особенностей растений в этот период (уменьшение поглощения влаги и пр.), большое влияние на влажность верхних слоев почвы имеют периодические оттепели.

Изменение влажности почвы с глубиной в холодный период года имеет некоторые особенности для рассматриваемых фитоценозов: в осиннике с глубины 30 см резко снижается влажность почвы до 17-18 %; в пихтарнике по всему профилю сохраняется влажность почвы 25-30 %. Это можно объяснить различиями механического состава в данных фитоценозах: в пихтарнике легкие фракции составляют до 65 % от общего состава, тогда как почвы в березняке и осиннике содержат не более 35 % (табл. 2).

В марте в пихтарнике в отличие от остальных пробных площадей отмечен минимум влажности почвы по всем горизонтам почвенного профиля. Более высокая влажность почв, особенно верхних горизонтов, в березняке и осиннике обязана более раннему снеготаянию в этих насаждениях и инфильтрации талой снеговой воды в верхние горизонты почвогрунтов. В пихтарнике в этот период, как следует из результатов снегомерной съемки, таяния снега не наблюдается.

Для всех горизонтов почвенных разрезов на всех объектах исследования (исключая осинник) максимум показателей влажности почвы приходится на апрель, что вполне объяснимо. Выпадение суммы осадков за март 2022 года превышает среднюю многолетнюю величину осадков в 2.5 раза, запасы воды в снеге по данным снегомерки 30 марта составили от 321 мм в осиннике до 408 мм в пихтовом насаждении. Очень резкое потепление в апреле и мае (отклонения от нормы в апреле +1.8°C) способствовало интенсивному таянию снега и промачиванию почвогрунтов до подстилающих пород.

В мае во всех насаждениях по всем горизонтам (за исключением горизонта 0-10 см в березняке) наблюдается понижение влажности почвы, что связано с аномальными погодными условиями в этот месяц. Среднемесячная температура воздуха в мае 2022 года составила 15,2°C, что на 4.1°C выше нормы, а осадков всего выпало 12 мм – 17% от среднемноголетней величины. Высокие температуры в мае способствовали более интенсивной транспирации растений и повышенному испарению непосредственно с

поверхности почвы, что повлияло на влажность почвогрунтов до глубины 50 см.

Более высокое значение влажности почвы верхнего горизонта в березняке в мае можно объяснить меньшими расходами влаги на транспирацию и запасом подстилки.

В июне во всех фитоценозах, за исключением пихтового насаждения влажность почвы снижается по всем горизонтам, что можно объяснить более высокими затратами на транспирацию лиственных насаждений, а также дефицитом почвенной влаги вследствие минимума осадков в мае. В июле, несмотря на то что сумма осадков в июне была близка к норме (71 мм), этих осадков было недостаточно, чтобы увеличить влажность почвы, а температура воздуха была высокой (среднемесячная температура воздуха составила 17,1°C с максимумом в 30,1°C). За исключением осинового древостоя, влажность почвы сохранилась на уровне июньских значений

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что в пихтовом насаждении наблюдается самое большое содержание воды во всех слоях почвы, начиная от 10 см и вплоть до глубины 50 см. В целом по влагосодержанию в почве 40-летний березняк уступает пихтарнику, но имеет весьма высокие значения влажности верхнего горизонта. Меньшую роль в сохранении влаги в почве играют осинники, особенно в период вегетации, благодаря достаточно высоким затратам влаги на транспирацию.

Сравнение показателей влажности почв в насаждениях черневого пояса Рудного Алтая с аналогичными показателями черневой тайги на северном макросклоне Западного Саяна (Ермоленко, 1978) показало, что влажность почв в осиновом и осиново-пихтовом фитоценозах черневого пояса Западного Саяна почти в два раза выше, чем на наших объектах. Это можно объяснить более обильными осадками, выпадающими на северном макросклоне хребта, меньшими расходами на транспирацию вследствие более низких температур в вегетационный период и различиями физических характеристик почвогрунтов. Как указывалось выше, почвы в исследуемых насаждениях среднетощие, легкосуглинистые со значительным содержанием щебня, подстилаются в большинстве случаев каменными плитами, что отражается на такой характеристике как водопроницаемость.

Заключение. Согласно полученным результатам было установлено, что различия влажности почвогрунтов на исследуемых объектах по почвенным горизонтам зависят от типа растительного сообщества. Более высокой влажностью характеризуются верхние горизонты в березняке в отличие от пихтарника и осинника. В пихтовом насаждении наблюдается самое большое содержание воды во всех слоях почвы, начиная от 10 см и вплоть до глубины 50 см. В целом по влагосодержанию в почве 40-летний березняк уступает пихтарнику, но имеет весьма высокие значения влажности верхнего горизонта. Меньшую роль в сохранении влаги в почве играют осинники, особенно в период вегетации, благодаря достаточно высоким затратам влаги на транспирацию.

Анализ динамики влажности почвы во временном аспекте показал очень тесную связь с выпадением осадков и различными сезонными процессами. Наибольший процент влажности на всех участках отмечен в апреле, во время снеготаяния. В зимние месяцы чуть меньше, но также сохраняется высокая влажность почвы, за счет большого снежного покрова, биологических особенностей растений в этот период (уменьшение поглощения влаги и пр.), большое влияние на влажность верхних слоев почвы имеют периодические оттепели.

На основании показателей влажности почв нижних горизонтов можно сделать заключение о достаточно глубоком залегании грунтовых вод. Влага в почвенно-грунтовой профиле присутствует только в подвешенной форме и, следовательно, влажность в этом случае не превышает наименьшей влагоемкости (НВ).

Благодарности. Данное исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (ИРН BR10263776).

Список литературы

1. Антипов Н.Д., Антипова А.Н. Транспирация растительности таежных биогеоценозов предгорий Западного Саяна // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока, вып. 46, Новосибирск, 1975. – С. 55-62.
2. Апарин Б.Ф., Савельева Т.С. Внутрипочвенный сток как фактор формирования структуры почвенного покрова // Почвоведение. 1993. №9. С. 116–119.
3. Буренина Т.А., Овчинникова Н.Ф., Федотова Е.В. Изменение структуры водного баланса на вырубках черного пояса Западного Саяна. // География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 92-100.
4. Беховых Ю.В., Е.Г. Сизов, А.Г. Болотов Режим влажности серых лесных почв Обь-Чумышского междуречья на вырубках берёзовых лесов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - № 5 (79), 2011. – С. 43-47.
5. Буева Ю.Н. Пространственная вариабельность физических свойств комплекса серых лесных почв Владимирского ополья // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во МГУ. 2005. 20 с.
6. Воронина Т.В. Режим влажности дерново-подзолистых почв Валдайской возвышенности // Почвоведение. 1975. – № 2. – С. 67–81.
7. Высоцкий Г.Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. М-Л., Гослесбумиздат, 1952. – 112 с.
8. Голубев И.А., Кожуховский А.В., Иванова О.И. Влияние осеннего увлажнения почв на эрозионно-аккумулятивные процессы в Красноярской лесостепи // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2021. – № 1 (379). - С. 130-142. DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-1-130-142>.
9. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Гемонов А.В. Гидрологическая роль лесных насаждений малого водосборного бассейна // Российская сельскохозяйственная наука, 2021. – № 3. – С. 3-6. DOI: [10.31857/S2500262721030017](https://doi.org/10.31857/S2500262721030017).
10. Иванова О.И. Гидрологический анализ и прогноз весеннего половодья лесных и лесостепных рек Средней Сибири: автореферат дис. ... канд. географ. наук: 25.00.27. Иркутск, 2011. 24 с.
11. Мазиров М.А., Шеин Е.В., Корчагин А.А., Шушкевич Н.И., Дембовецкий А.В. Полевые исследования свойств почв: учеб. пособие к полевой практике для студентов, обучающихся по направлению подготовки 021900 – почвоведение/ М.А. Мазиров [и др.]; Владим. гос. ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 72 с.
12. Макарычев С.В., Лебедева Л.В. Теплофизическая характеристика генетических горизонтов серых лесных и дерново-подзолистых почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (155), 2017. – С. 43-47.
13. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология: учебник для ВУЗов. – 2 изд. испр. – М.: Высшая школа, 2007. – 463 с. Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М. Изд-во АН СССР, 1969, 250 с.
14. Роде А.А. Почвенная влага. М. Изд-во АН СССР, 1952. – 456 с.
15. Сапанов М.К. Результаты исследований почвенной влаги на Джаныбекском стационаре / Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 83. – С. 22-40. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-22-40](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-22-40)
16. Селютин В.С. Влагосодержание почвы на территории Брянской области в условиях изменяющегося климата // Метеорология и гидрология, 2016. -№ 3. – С. 89-91.
17. Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв. – М.: ГЕОС, 2011. - 266 с.
18. Шутов В.А., Капотов А.А. Динамика влагозапасов в почве по данным наблюдений на Валдае // Метеорология и гидрология, 2006. -№ 11. – С. 70-80.
19. Ясинский С.В. Формирование гидрологического режима водосборных малых равнинных рек. Автореф. Докт. дис. – М. 2009. – 59 с.
20. Condon L.E., Atchley A.L., Maxwell R.M. Evapotranspiration depletes groundwater under warming over the contiguous United States Nat. Commun., 11 (2020), p. 873
21. Hayashi M., Van der Kamp G., Schmidt R. Focused infiltration of snowmelt water in partially frozen soil under small depressions // J. Hydrol. 2003. Vol. 270. P. 214-229.

22. Shehata M., Gentine P., Nelson N., Sayde C. Characterizing soil water content variability across spatial scales from optimized high-resolution distributed temperature sensing technique. *Journal of Hydrology*, 612, B, 128195, 2022
23. Wilson K., Hanson P., Mulholland P., Baldocch D., Wullschlegler S. A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance. *Agricultural and Meteorology*, 106 2, pp.153-168, 2001

References

1. Antipov N.D., Antipova A.N. Transpiraciya rastitel'nosti taezhnyh biogeocенозов predgorij Zapadnogo Sayana // *Doklady Instituta geografii Sibiri i Dal'nego Vostoka*, vyp. 46, Novosibirsk, 1975. – S. 55-62.
2. Aparin B.F., Savel'eva T.S. Vnutripochvennyj stok kak faktor formirovaniya struktury pochvennogo pokrova // *Pochvovedenie*. 1993. – № 9. – S. 116-119.
3. Burenina T.A., Ovchinnikova N.F., Fedotova E.V. Izmenenie struktury vodnogo balansa na vyrubkah chernovogo poyasa Zapadnogo Sayana. // *Geografiya i prirodnye resursy*. – 2011. – № 1. – S. 92-100.
4. Bekhovyh YU.V., E.G. Sizov, A.G. Bolotov Rezhim vlazhnosti seryh lesnyh pochv Ob'-CHumyshskogo mezhdurech'ya na vyrubkah beryozovyh lesov // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – № 5 (79), 2011. – S. 43-47.
5. Bueva YU.N. Prostranstvennaya variabel'nost' fizicheskikh svojstv kompleksa seryh lesnyh pochv Vladimirs'kogo opol'ya // *Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk*. M.: Izd-vo MGU. 2005. 20 s.
6. Voronina T.V. Rezhim vlazhnosti dernovo-podzolistykh pochv Valdajskoj vozvys'hennosti // *Pochvovedenie*. – 1975. – № 2. – S. 67-81.
7. Vysockij G.N. O gidrologicheskom i meteorologicheskom vliyanii lesov. M-L., Goslesbumizdat, 1952, 112 s.
8. Golubev I.A., Kozhuhovskij A.V., Ivanova O.I. Vliyanie osennego uvlazhneniya pochv na erozionno-akkumulyativnye processy v Krasnojarskoj lesostepi // *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*. – 2021. – № 1 (379). – S. 130-142. DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-1-130-142>.
9. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Gemonov A.V. Gidrologicheskaya rol' lesnyh nasazhdenij malogo vodosbornogo bassejna // *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*, 2021. – №3. – S. 3-6. DOI: 10.31857/S2500262721030017.
10. Ivanova O.I. Gidrologicheskij analiz i prognoz vesennego polovod'ya lesnyh i lesostepnyh rek Srednej Sibiri: avtoreferat dis. ... kand. geograf. nauk: 25.00.27. – Irkutsk, 2011. 24 s.
11. Mazirov M.A., SHein E.V., Korchagin A.A., SHushkevich N.I., Demboveckij A.V. Polevye issledovaniya svojstv pochv: ucheb. posobie k polevoj praktike dlya studentov, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki 021900 – pochvovedenie/ M.A. Mazirov [i dr.]; Vladim. gos. un-t imeni Aleksandra Grigor'evicha i Nikolaya Grigor'evicha Stoletovyh. – Vladimir: Izd-vo VIGU, 2012. – 72 s.
12. Makarychev S.V., Lebedeva L.V. Teplofizicheskaya harakteristika geneticheskikh gorizontov seryh lesnyh i dernovo-podzolistykh pochv // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* № 9 (155), 2017. – S. 43-47.
13. Mihajlov V.N., Dobrovolskij A.D., Dobrolyubov S.A. Gidrologiya: uchebnik dlya VUZov. – 2 izd.ispr. – M.: Vysshaya shkola, 2007. – 463 s. Molchanov A.A. Gidrologicheskaya rol' lesa. – M. Izd-vo AN SSSR, 1969, 250 s.
14. Rode A.A. Pochvennaya vlaga. M. Izd-vo AN SSSR, 1952, 456 s.
15. Sapanov M.K. Rezul'taty issledovanij pochvennoj vlagi na Dzhanybeks'kom stacionare / *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2016. Vyp. 83. – S. 22-40. DOI: 10.19047/0136-1694-2016-83-22-40
16. Selyutin V.S. Vlagosoderzhanie pochvy na territorii Bryanskoj oblasti v usloviyah izmenyayushchegosya klimata // *Meteorologiya i gidrologiya*, 2016. – № 3. – S. 89-91.
17. Umarova A.B. Preimushchestvennye potoki vlagi v pochvah: zakonomernosti formirovaniya i znachenie v funkcionirovanii pochv. – M.: GEOS, 2011. – 266 s.
18. SHutov V.A., Kapotov A.A. Dinamika vlagozapasov v pochve po dannym nablyudenij na Valdae // *Meteorologiya i gidrologiya*, 2006. – № 11. – S. 70-80.
19. YAsinskij S.V. Formirovanie gidrologicheskogo rezhima vodosbornykh malyh ravninnyh rek. Avtoref. Dokt. .dis. – M. 2009. – 59 s.
20. Condon L.E. Atchley A.L., Maxwell R.M. Evapotranspiration depletes groundwater under warming over the contiguous United States *Nat. Commun.*, 11 (2020). – P. 873

21. Hayashi M., Van der Kamp G., Schmidt R. Focused infiltration of snowmelt water in partially frozen soil under small depressions // J. Hydrol. 2003. – Vol. 270. – P. 214-229.
 22. Shehata M., Gentine P., Nelson N., Sayde C. Characterizing soil water content variability across spatial scales from optimized high-resolution distributed temperature sensing technique. Journal of Hydrology, 612, B, 128195, 2022
 23. Wilson K., Hanson P., Mulholland P., Baldocch D., Wullschleger S. A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance. Agricultural and Meteorology, 106 2. – Pp.153-168, 2001.
-
-