

ВЛАГОЗАПАСЫ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ БАСЕЙНА РЕКИ ЛЕНЫ

Угаров И.С., Ефремов П.В.

*ФГУБ Институт мерзлотоведения СО РАН им. академика П.И. Мельникова, Якутск,
e-mail: pvefremov@mpi.ysn.ru*

В статье представлены данные геокриологических исследований на мониторинговых полигонах Института мерзлотоведения СО РАН и расчетные данные влажности грунтов в зависимости от выпадающих осадков, величины испарения, а также свойства почв, влияющие на процессы инфильтрации и испарения. Влагозапас почвогрунтов имеет большое влияние на мощность сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев многолетнемерзлых грунтов. Водный режим почв подчиняется принципу зональности, так как климат, растительность и водные свойства почв имеют зональный аспект. По карте увлажненности Д.И. Шашко территория бассейна реки Лены по условиям годового увлажнения попадает в зону достаточно влажного, умеренно влажного и недостаточного увлажнения. По картам растительности, увлажненности и разновидностям механического состава водно-физических свойств мы можем проводить приблизительный расчет пределов изменения влажности почв в засушливые и увлажненные годы. В каждом типе ландшафтов по совокупности тех или иных условий влажности почвы может меняться от влажности завядания до полной влагоемкости. Поэтому использовали водные константы и физические свойства почв в зависимости от механического состава. Величина влагозапасов деятельного слоя ландшафтов зависит от атмосферных осадков, испаряемости, типа растительного покрова, рельефа, механического состава и водно-физических свойств почвогрунтов, глубины сезонного протаивания и т.д. Приближенный расчет влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов бассейна реки Лены, показал широкий диапазон его изменения от 20 до 910 мм в зависимости от ландшафтов, механического состава и водно-физических свойств грунтов, глубины сезонного протаивания и промерзания. Также провели анализ распределения влагозапасов деятельного слоя в зависимости от минимального и максимального протаивания почвогрунтов в процентном отношении.

Ключевые слова: влажность почвогрунтов, испаряемость, гидротермический коэффициент, осадки, карта увлажненности

ACTIVE-LAYER SOIL MOISTURE IN THE LENA RIVER BASIN

Ugarov I.S., Efremov P.V.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: pvefremov@mpi.ysn.ru

This paper presents the data from geocryological investigations at the Melnikov Permafrost Institute's monitoring sites and the estimated soil moisture contents in relation to precipitation, evaporation and soil properties controlling infiltration and evaporation. Soil moisture storage has a strong influence on the thickness of the active layer of permafrost. Soil moisture regimes exhibit zonality, because climate, vegetation and soil hydrological properties have a zonal aspect. According to the Shashko's moisture index map, the Lena River basin lies within the zones of high, moderate and insufficient annual moisture supply. Based on the vegetation and moisture maps, soil texture and soil hydrophysical properties, we can roughly estimate the moisture content limits in dry and wet years. In each landscape type, soil moisture can vary from wilting point to field capacity depending on the combination of factors. We therefore used the soil water constants and physical properties related to texture. Soil moisture storage in the active layer of landscapes depends on precipitation, potential evapotranspiration, vegetation type, topography, soil texture and hydrophysical properties, seasonal thaw depth, etc. An approximate estimation for the Lena River basin has shown that the soil water storage varies over a wide range, from 20 to 910 mm, depending on land cover, soil texture and soil hydrophysical properties, as well as depths of seasonal thawing and freezing. We also analyzed the distribution of active-layer soil moisture storage in relation to minimum and maximum thaw on a percentage basis.

Keywords: soil moisture content, potential evapotranspiration, Hydro-Thermal Coefficient, precipitation, moisture map

Создание самой почвы, нормальное протекание важнейших физиологических процессов невозможно без постоянного и достаточного наличия влаги. От влагозапасов почвы в большей степени зависит и мощность сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев (СТС-СМС), которые являются одной из наиболее динамичных характеристик многолетнемерзлых пород. Условия увлажнения в отдельных природных зонах зависят не столько от количества выпадающих осадков и величины испарения, отдельно взятых, сколько от их соотношения, определяющего водный баланс почв и рас-

тений, а также от свойств почв, влияющих на процессы инфильтрации и испарения. Факторы, определяющие скорость потока тепла и влаги, в первую очередь климат, растительность и водные свойства почв, имеют зональный аспект, поэтому водный режим почв подчиняется принципу зональности.

Цель исследования – приблизительный расчет влагозапасов деятельного слоя основных типов ландшафтов бассейна р. Лены.

Материалы и методы исследования

Методика расчета. Для расчета влажности грунтов различных типов ландшаф-

тов исходным материалом послужили: ландшафтная карта, карты типов растительности и влагообеспеченности, разрезы поверхностных отложений, водно-физические константы, материалы экспериментальных исследований гидротермического режима почв и др.

Для определения степени увлажнения существуют многочисленные показатели. На практике в основном используются радиационный индекс сухости, отношение осадков к дефициту влажности воздуха, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, отношение осадков к расчетным величинам испаряемости по основным факторам испарения и др.

В качестве одного из основных показателей широко применяется гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова

$$P/0,1\Sigma T,$$

где P – осадки; ΣT – сумма температур за летние месяцы [1, с. 154].

Недостатком ГТК является неучет весенних запасов влаги в почве.

Радиационный индекс сухости М.И. Бурдыко (1956)

$$R/LP,$$

где R – радиационный баланс; LP – затрата тепла на испарение осадков, ограничен тем, что актинометрические наблюдения проводятся только на станциях 1 класса [2, с. 161].

П.И. Колосков (1947) предложил определять увлажненность почвы через формулу

$$W = K(H/E - e)$$

где W – увлажненность почвы, H – количество осадков, E – e – недостаток упругости пара и K – коэффициент пропорциональности [3, с. 27].

Применение этой формулы затрудняется тем, что K подлежит дополнительному определению на основании учета данных о влажности почвы.

Метод Д.И. Шашко (1985)

$$KU = P/0,45\Sigma D,$$

где P – годовое количество осадков, ΣD – сумма дефицита влажности воздуха [4, с. 45].

Он более точно отражает степень увлажненности местности, так как учитывает годовой ход осадков и испарения. Показатель увлажнения Н.Н. Иванова (1948) еще лучше выражает природные зональные особенности территории и динамику увлажнения теплого периода:

$$E_m = 0,0018(25 + t)^2 (100 - a),$$

где E_m – испаряемость за месяц, мм; t – средняя температура месяца, °C; a – средняя относительная влажность воздуха за месяц, в % [5, с. 80].

Мы использовали карту увлажненности, построенную Д.И. Шашко (1985) по методу Н.Н. Иванова [4, с. 89]. Территория бассейна р. Лены по условиям годового увлажнения попадает в зону достаточно влажного, умеренно влажного и недостаточного увлажнения.

По картам растительности, увлажненности и разновидностям механического состава водно-физических свойств мы можем проводить приблизительный расчет пределов изменения влажности почв в засушливые и увлажненные годы. Так, например, почвы зоны тундры переувлажнены весь теплый сезон, и их влажность изменяется от полной до наименьшей влагоемкости. В каждом типе ландшафтов по совокупности тех или иных условий влажность почвы может меняться от влажности завядания до полной влагоемкости. Поэтому необходимо использовать водные константы и физические свойства почв в зависимости от механического состава.

Средние величины плотности твердого минерального компонента мерзлой породы называют удельным весом (УВ). Для приближенных расчетов УВ принимают равными для песков – 2,65, суглинков – 2,70–2,73 и глин – 2,75 г/см³. Плотность скелета мерзлой породы изменяется в среднем от 2,0 до 0,62 г/см³. Плотность мерзлой породы изменяется от 1,0 г/см³ и меньше для сильнольдистых льдонасыщенных пород с атакситовой криогенной текстурой, до 2,73 г/см³ и выше для прочно сцементированных аргиллитов и песчаников с массивной криогенной текстурой [6, с. 112]. Объемный вес (ОВ) и наименьшую влагоемкость (НВ) разновидностей механического состава мы получили в результате статистической обработки данных более 60 почвенных разрезов. Полная влагоемкость (ПВ) рассчитывается по данным удельного и объемного весов. По данным Л.Г. Еловской, А.К. Коноворовского (1976) влажность разрыва капилляров (ВРК) можно принять равной некоторой доле НВ, а именно для почв: песчаных ВРК – 0,50 НВ, супесчаных ВРК – 0,55 НВ, легкосуглинистых ВРК – 0,60 НВ, средне- и тяжелосуглинистых ВРК – 0,70 НВ и глинистых ВРК – 0,80 НВ [7, с. 128].

Средненные данные водно-физических свойств почв

Почвогрунт	УВ, г/см ³	ОВ, г/см ³	ПВ, % от веса	НВ, % от веса	ВРК, % от веса	ВЗ, % от веса
Суглинок	2,71	1,37	49	26	17	9
Супесь	2,63	1,45	45	22	14	4
Песок	2,66	1,43	46	16	8	2
Мох	1,48	0,18	88	62	43	14
Торф	1,48	0,28	81	56	43	14
Щебень	2,70	2,70				
Галька, валун	2,65	2,65				

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) абсолютно сухой почвы по данным С.А. Верига, Л.А. Разумовой (1973) можно принять: песок – 0,5–1,5, супесь – 1,5–4,0, суглинок легкий – 3,5–7,0, суглинок средний – 5,0–7,0, суглинок тяжелый – 8,0–12,0, глина – 12,0–20,0, торф (низинного болота) – 40,0–50,0 в процентах от веса [8, с. 56]. Влажность ВЗ в период вегетации растений несколько изменяется в связи с изменением температуры почвы, поскольку подвижность влаги увеличивается, а вязкость и водоудерживающая сила с повышением температуры уменьшаются. К концу лета влажность устойчивого завядания ниже, чем весной. Однако эти изменения невелики. По расчетам, выполненным на основе данных о температуре почвы, они колеблются около 5% величины влажности.

Средненные данные водно-физических свойств почв бассейна р. Лены представлены в таблице.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Удельный и объемный вес. Доля почвогрунтов с удельным весом, равным 2,64–

2,65 г/см³, соответствует песчаному механическому составу и занимает 22% от общей площади (рис. 1, а). Почти столько же площади занимают почвогрунты с супесчаным и песчаным механическим составом (УВ = 2,66–2,67 г/см³). Почвогрунты плакорных, склоновых делювиально-коллювиальных, делювиально-солифлюкционных на карбонатных горных породах, межгаласных, долинных, горно-склоновых делювиально-солифлюкционных комплексов с суглинистым составом отложений с удельным весом 2,70–2,71 г/см³ занимают до 44% площади. Доля торфянистых почв с удельным весом 1,48 г/см³ также значительна – 11%. Они встречаются на приводораздельных, межгрядово-низинных, интразональных долинных, северо- и средне-таежных задровых, ледниково-долинных и мелкодлинных типах местности. Средний объемный вес почвогрунтов деятельного слоя, кроме торфа, изменяется незначительно и колеблется от 1,37 до 1,45 г/см³. Самую большую площадь занимают почвогрунты с объемным весом 1,37 г/см³ (53%), наименьшую с объемным весом 0,28 г/см³ – 4% (рис. 1, б).

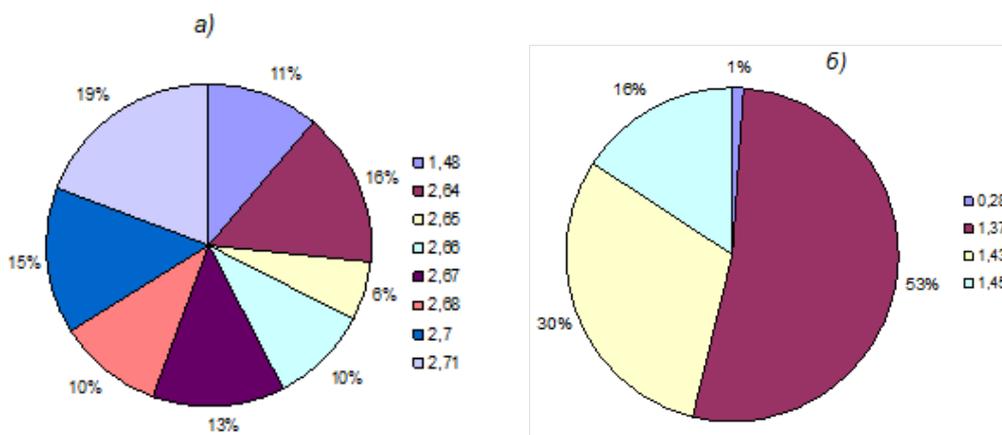


Рис. 1. Площадь распределения удельного (а) и объемного (б) весов почвогрунтов бассейна р. Лены

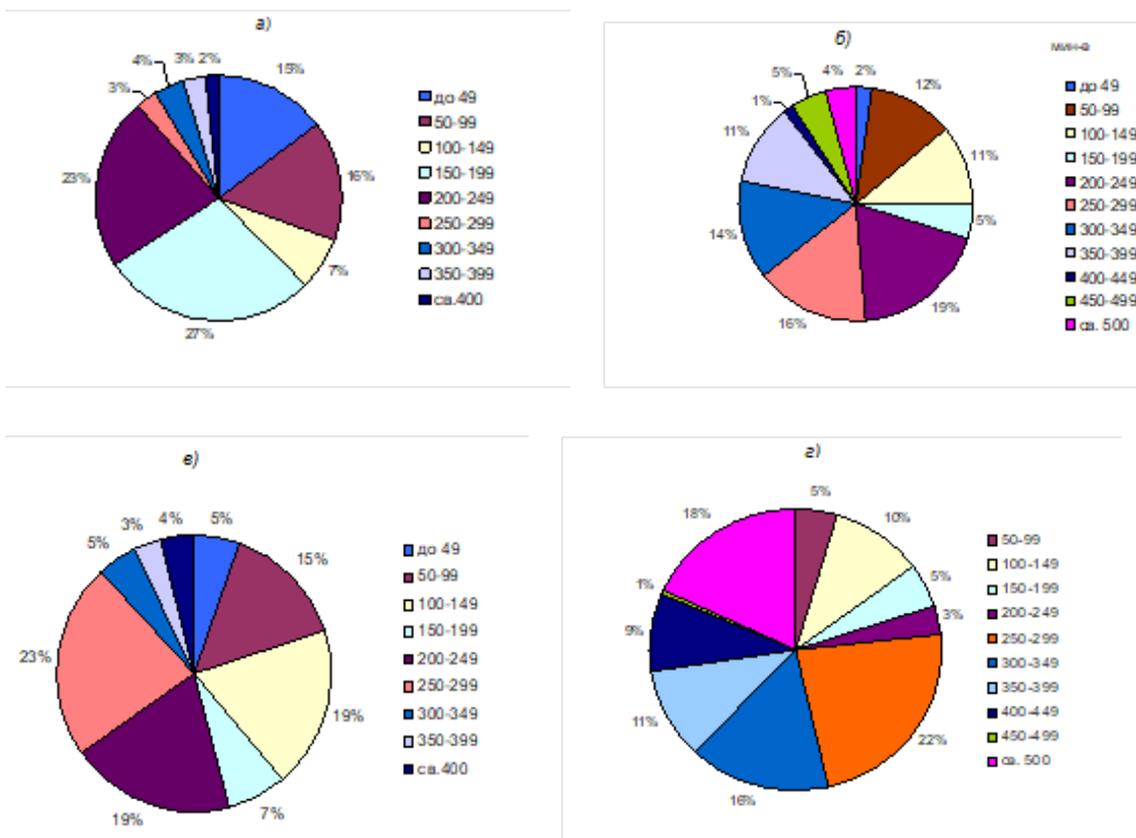


Рис. 2. Площадь распределения влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов бассейна р. Лены:
 а) нижний предел увлажнения при минимальном СТС;
 б) верхний предел увлажнения при минимальном СТС;
 в) нижний предел увлажнения при максимальном СТС;
 г) верхний предел увлажнения при максимальном СТС

Влагозапасы почвогрунтов. Величина влагозапасов деятельного слоя ландшафтов зависит от атмосферных осадков, испаряемости, типа растительного покрова, рельефа, механического состава и водно-физических свойств почвогрунтов, глубины сезонного протаивания и т.д.

Рассмотрим минимальное содержание влаги в деятельном слое, которое может наблюдаться в засушливые годы и максимальное ее содержание в более увлажненные годы. В засушливые годы влагозапасы деятельного слоя бассейна р. Лены изменяются от 20 до 590 мм. Наименьшее содержание влаги наблюдается на горно-тундровых, горно-редколесных типах ландшафта, где в составе почвогрунтов содержатся до 80% гравия и галечника, а протаивание составляет всего 0,6–0,8 м. Наибольшее количество влаги наблюдается на тундровых и среднетаежных типах ландшафта. В зоне тундры количество осадков превышает испаряемость, поэтому в теплый

период почва постоянно переувлажнена. В среднетаежных ландшафтах с прерывистым и островным характером многолетнемерзлых пород наибольшее содержание влаги объясняется суглинистым механическим составом почвогрунтов и большой глубиной протаивания.

В наиболее увлажненные годы максимальное содержание влаги в деятельном слое может достигать 650–910 мм при больших значениях мощности деятельного слоя. Такое содержание влаги характерно для среднетаежных ландшафтов с прерывистым и островным распространением многолетнемерзлых пород, а также для сезоннопромерзающих южнотаежных ландшафтов. Механический состав почвогрунтов при этом в основном суглинистый, растительность представлена лиственнично-сосновым, ольховниковым лимнасово-кустарничково-зеленомошным и пихтово-кедровым, кедрово-еловым лесами.

Для упрощения анализа пространственного распределения влагозапасов деятельного слоя нами проведена градация его через 50 мм (рис. 2). Из диаграммы видно, что почвогрунты с влагозапасом до 50 мм при минимальном СТС-СМС в засушливые годы занимают 15%, а во влажные годы – 2% от общей площади (рис. 2, а, б). Такие влагозапасы характерны для горно-тундрового, горно-редколесного и подгольцово-кустарникового типов ландшафта с песчаным и супесчаным механическим составом с включениями гравия и щебня, для которого характерно небольшое значение сезонного протаивания. Наибольшую площадь в засушливые годы при минимальном СТС занимают почвогрунты с влагозапасом от 150 до 200 мм (27%), а во влажные годы – от 200 до 250 мм (19%). Почвогрунты с таким влагозапасом встречаются в северотаежных, среднетаежных и горно-таежных типах ландшафта. В этих типах ландшафта преобладают почвогрунты из суглинка, супеси, песка с включениями гравия и щебня. Средние значения глубин сезонного протаивания составляют 1,2–1,6 м. Среднетаежные и горно-таежные ландшафты с островными и прерывистыми многолетнемерзлыми породами, южнотаежные талые с СМС до 2,5 м содержат свыше 400 мм влаги и занимают от 2 до 0% общей площади.

При максимальном протаивании в засушливые годы почвогрунты с содержанием влаги 50–100 мм занимают 15% площади (рис. 2, в). Почвогрунты с таким содержанием влаги встречаются на подгольцово-кустарниковых, горно-редколесных, горно-тундровых, северотаежных ландшафтах. Общим для них является то, что почвогрунты содержат до 80% грубообломочного материала и протаивают от 0,8 до 1,5 м. Во влажные годы площадь ландшафтов с содержанием влаги 50–100 мм сокращается до 5% (рис. 2, г). Около 22% территории в засушливые и влажные годы занимают почвогрунты с влагозапасами 250–300 мм. Если в засушливые годы почвогрунты с влагозапасами свыше 400 мм занимают наименьшую площадь (2%), то в увлажненные годы на долю свыше 500 мм приходится 18% территории.

Заключение

По условиям годового увлажнения территория бассейна р. Лены попадает в зоны достаточно влажного, умеренно влажного и недостаточного увлажнения.

Приближенный расчет влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов бассейна р. Лены показал широкий диапазон его изменения от 20 до 910 мм в зависимости от ландшафтов, механического состава и водно-физических свойств грунтов, глубины сезонного протаивания и промерзания.

В засушливые годы влагозапасы деятельного слоя бассейна р. Лены изменяются от 20 до 590 мм.

В наиболее увлажненные годы максимальное содержание влаги в деятельном слое бассейна р. Лены может достигать 650–910 мм при больших значениях мощности деятельного слоя.

Наименьшее содержание влаги наблюдается на горно-тундровых, горно-редколесных типах ландшафта, где мощность деятельного слоя составляет всего 0,6–0,8 м.

Наибольшее количество влаги наблюдаются на тундровых, среднетаежных типах ландшафта, а также на сезоннопромерзающих южнотаежных ландшафтах, где механический состав почвогрунтов представлен суглинками.

Список литературы

1. Селянинов Г.Т. К вопросу о классификации сельскохозяйственных культур по климатическому признаку // Труды сельскохозяйственной метеорологии. 1930. Вып. 21. С. 130–171.
2. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 254 с.
3. Колосков П.И. Агроклиматическое районирование Казахстана. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 267 с.
4. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 247 с.
5. Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара // Записки Всесоюзного географического общества. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 228 с.
6. Основы геокриологии. Ч. 2. Литогенетическая геокриология / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1996. 399 с.
7. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. 174 с.
8. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства). Л.: Гидрометеиздат, 1973. 328 с.