

Почвенно-климатические условия Крайнего Севера как среда выращивания многолетних трав для биологической рекультивации

А.С. Моторин, доктор с.-х. наук, профессор

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

email: a.s.motorin@mail.ru

Ключевые слова: песчаный грунт, гидротермические режимы, влажность, температура, мерзлота, многолетние травы.

Key words: sandy soil, hydrothermal regimes, humidity, temperature, permafrost, perennial grasses.

Изучение водного и температурного режимов проводили на дне песчаного карьера 25-летней выработки в лесотундровой зоне Ямало-Ненецкого автономного округа (15 км от г. Салехарда). На основе анализа результатов полевых исследований установлена зависимость влажности песчаного грунта от количества выпавших атмосферных осадков ($r = 0,58 - 0,93$). В условиях лесотундровой зоны Ямало-Ненецкого автономного округа запасы влаги в агроценозах многолетних трав зависят от влагообеспеченности вегетационного периода и могут варьировать от избыточного увлажнения (ранней весной и осенью) до острого дефицита в летний период (20 – 30 % НВ в слое почвы 0,4 м). Для повышения влажности песчаного грунта, увеличения в нем запасов влаги и улучшения термического режима для многолетних трав предложено внесение торфа в дозе 100 – 150 т/га. Выявлены тенденции изменения температурного режима песчаных грунтов Крайнего Севера, обусловленные низкими температурами воздуха ($r = 0,83 - 0,91$) и наличием мерзлых пород на глубине 50 – 70 см. Практически ежегодно в течение вегетационного периода температура корнеобитаемого слоя (0 – 20 см) может опускаться ниже 5°C из-за резких колебаний температуры воздуха, что оказывает негативное влияние на рост и развитие многолетних трав. Накопление малой суммы активных температур в 0,2-метровом слое песчаного грунта (198,1 – 307,1 °C) определяет необходимость

включения в состав рекультивационной травосмеси холодостойких видов многолетних трав.

The study of water and temperature regimes was carried out at the bottom of a 25-year-old sand pit in the forest-tundra zone of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (15 km from Salekhard). Based on the analysis of the results of field studies, the dependence of the moisture content of sandy soil on the amount of precipitation ($r = 0,58 - 0,93$) was established. In the conditions of the forest-tundra zone of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, the moisture reserves in the agrocenoses of perennial grasses depend on the moisture supply of the growing season and can vary from excessive moisture (in early spring and autumn) to an acute deficit in summer (20–30% HB in the soil layer 0,4 m). To increase the moisture content of sandy soil, increase its moisture reserves and improve the thermal regime for perennial grasses, it is proposed to introduce peat at a dose of 100–150 t/ha. Tendencies of changes in the temperature regime of sandy soils of the Far North, due to low air temperatures ($r = 0,83 - 0,91$) and the presence of frozen rocks at a depth of 50 - 70 cm, are revealed. Almost every year during the growing season, the temperature of the root layer (0 - 20 cm) can drop below 5°C due to sharp fluctuations in air temperature, which has a negative impact on the growth and development of perennial grasses. The accumulation of a small sum of active temperatures in a 0.2-meter layer of sandy soil (198,1 – 307,1 °C) determines the need to include cold-resistant species of perennial grasses in the reclamation grass mixture.

Введение. На территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) происходит разработка крупных нефтяных и газовых месторождений[1]. Техногенное воздействие приводит к уничтожению растительного покрова и маломощного плодородного слоя почвы, к обнажению биологически инертной, низкопродуктивной минеральной части профиля [2]. Нарушенные почвогрунты, лишённые растительного покрова и верхнего органогенного горизонта почвы, характеризуются низкой противозерозионной устойчивостью и легко подвергаются воздействию

разрушительных процессов[3]. При этом меняются гидротермические условия, развивается ускоренная эрозия и другие негативные процессы, увеличивающие нарушенную площадь [4]. Нарушение теплообмена в минеральной толще под поврежденной растительностью сопровождается опусканием уровня вечной мерзлоты, увеличением мощности сезонного оттаивания, способствует развитию солифлюкционных процессов, термоэрозии и термокарста [5].

Заращение песчаных грунтов, где был полностью уничтожен почвенно-растительный покров, протекает чрезвычайно медленно: к концу второго десятилетия только 20-50% площади покрывается растительностью. При этом происходит сокращение флористического и фитоценотического разнообразия [6]. Восстановительные процессы не успевают за развивающимися разрушениями, вызванными антропогенной деятельностью. Зоны сильных нарушений практически самостоятельно не восстанавливаются и нуждаются в незамедлительной биорекультивации [7,8]. Одной из главных проблем восстановления северных территорий является ограниченность технологий, способствующих восстановлению нарушенных земель. Рекультивация и технологии ее выполнения должны отвечать почвенно-климатическим условиям зоны, одновременная реализация которых призвана повысить эффективность восстановления компонентов природы[9]. Чрезвычайно важен при этом подбор видов и сортов многолетних трав, т.к. их рост и развитие будут происходить в очень неблагоприятных гидротермических условиях [10,11]. На территории ЯНАО практически не проводилось многолетних систематических наблюдений за водным и тепловым режимами песчаного грунта на этапе биологической рекультивации, что явилось предметом наших исследований.

Цель исследования – изучить особенности водного и теплового режимов песчаных грунтов как среды выращивания многолетних трав для биологической рекультивации.

Материал и методы исследования. Полевые исследования проведены на дне песчаного карьера 25-летней выработки, расположенном в лесотундровой зоне Ямало-Ненецкого автономного округа (15 км. от г. Салехарда).

Среднегодовая температура воздуха в зоне лесотундры минус 5°C. Сумма эффективных температур – 1100-1200 °С. Осадков выпадает от 220 до 400 мм в год, из них 60% - в весенне-летний период. Агроклиматические условия в годы проведения исследований существенно отличались от среднемноголетних значений. Дефицит осадков к норме (204 мм) за вегетационный период составлял 6,8-31,3%; температура воздуха превышала среднемноголетнюю величину на 1,2-2,4°C. С глубины 50-70 см почва подстиляется вечной мерзлотой.

При закладке опыта применялся торф переходного типа с плотностью сложения 0,1 кг/м³, рН (сол.) – 4,15, гидролитической кислотностью 4,27 мг – экв. /100 г почвы, № общ. – 1,06%, Р₂О₅ – 0,23%, К₂О – 0,07%, СаО – 0,35%.

Влажность грунтов определяли ежедекадно термостатновесовым методом в трехкратном повторении через каждые 10 см по глубинам: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40см на постоянных площадках в течение вегетационного периода. Температуру грунтов измеряли термометрами Савинова по глубинам 5, 10, 15, 20 см в 14:00 местного декретного времени каждые пять суток на протяжении вегетационного периода. На делянках опыта безпокровно высевали овсяницу красную сорта Свердловская с нормой 60 кг/га. Фенологические наблюдения за ростом и развитием многолетних трав велись по методике ГСУ.

Результаты исследования и их обсуждение. Известно, что вода в зависимости от её содержания в почве обладает различной подвижностью и разной степенью доступности растениям. Многолетние травы предъявляют повышенные требования к влажности почвы в течение всего вегетационного периода. Наличие вечной мерзлоты на небольшой глубине от поверхности

накладывает отпечаток на характер формирования влажности почвы. Влажность почвы при наличии мерзлоты определяется количеством влаги, расходуемой на испарение почвой и растениями, с одной стороны, и количеством осадков в весенне-летний период и влагой, поступающей от таяния мерзлой толщи – с другой. Влажность песчаных грунтов в значительной степени зависит от количества осадков в течение вегетационного периода. В среднем за вегетационный период коэффициент корреляции между запасами влаги и осадками составил: 2016 г. – 0,93; 2017 г. – 0,70; 2018 г. – 0,58.

В годы исследований количество осадков в течение вегетационного периода существенно отличалось от среднееголетних значений за исключением 2016 г., когда осадков выпало на 13,8 мм (6,8%) меньше нормы. Для многолетних трав важную роль играет не только количество выпадающих осадков, но и их распределение на протяжении вегетационного периода. Так, в 2016 г. две декады июня были засушливыми, особенно первая, когда выпало 28,1 % нормы осадков. Напротив, в конце месяца, превышение к норме составило 17 мм (80,9%). В июле осадки выпадали также неравномерно: в первую декаду вместо 20 мм выпало только 6,5 мм (32,5%); во вторую декаду месяца – 177,8% нормы. Близкая к этой ситуация наблюдалась и в августе. В 2017 г. почти половина (41,5%) средневегетационной нормы осадков выпала в первый месяц вегетации многолетних трав. На протяжении всего июля 2017 г. осадков по декадам было меньше нормы соответственно на 26,5-21,3-46,4%. В первую и третью декады августа количество осадков соответствовало среднееголетней норме. Во вторую декаду этого месяца дефицит осадков к норме был максимальным за всю вегетацию (92%). В течение вегетационного периода 2018 г. зафиксировано минимальное количество осадков – 68,7% к норме. Следует отметить, что на протяжении третьей декады июня и первой июля осадков не было вообще. Во вторую декаду июля выпало 3,5 мм вместо 23 мм по норме, то есть осадки отсутствовали практически на протяжении

месяца, что не могло не отразиться негативно на росте и развитии многолетних трав. Максимальное количество осадков (140,9% к норме) в течение вегетационного периода выпало в третью декаду июля.

На варианте опыта с внесением 50 т/га торфа максимальное содержание влаги наблюдалось вверху (0- 10 см). В среднем за 3 года исследований это выглядит следующим образом. Если принять влажность грунта на глубине 0 – 10 см за 100%, то на глубине 10 – 20 см она составит 80,1%; 20 – 30 см – 70,1%; 30 – 40 см – 81,5% (табл.1).

1. Запасы влаги в песчаном грунте под многолетними травами в зависимости от дозы торфа, мм

Глубина, см	Годы						Среднее за 3 года	
	2016		2017		2018			
	1	2	1	2	1	2	1	2
0 - 10	15,7	19,9	13,8	15,6	11,4	13,2	13,6	16,2
10 - 20	12,7	15,4	8,6	11,1	5,5	7,0	8,9	11,2
20 - 30	11,0	15,5	6,2	7,4	4,2	7,7	7,1	10,2
30 - 40	12,8	15,1	6,7	8,2	4,2	8,1	7,9	10,5

Примечание: 1 – доза торфа 50 т/га; 2 – доза торфа 100 т/га

Полученные результаты косвенно свидетельствуют о высокой влагоемкости торфа. Увеличение дозы внесения торфа с 50 до 100 т/га обеспечило существенное повышение запасов влаги в слое 0 – 40 см. В среднем за 3 года запасы влаги в этом слое увеличились на 10,5 мм (27,9%). По годам прибавка влаги значительно изменялась: 2016 г. – 13,7 мм (26,2%); 2017 г. – 7,0 мм (19,8%); 2018 г. – 10,7 мм (42,3%). Если оценивать в абсолютных величинах, то максимальная прибавка запасов влаги 13,7 мм получена в 2016 г., когда осадков выпало почти среднемноголетняя норма.

Высокая доза торфа (100т/га) обеспечила наибольшую прибавку запасов влаги по всему слою 0-40 см в острозасушливый вегетационный период 2018 г., которая составила 42,3% по сравнению с дозой торфа 50 т/га. Влажность корнеобитаемого слоя песчаного грунта под влиянием осадков изменялась от верхнего предела оптимальности в начале вегетационного

периода (0,74 – 0,88 НВ), до ее существенного дефицита в июле (0,31 – 0,46 НВ). В засушливые периоды, когда осадки отсутствовали полторы- две недели, влажность грунтов снижалась до 0,2 – 0,3 НВ. Одной из важных причин неустойчивости режима влажности песчаных грунтов является низкая влагоемкость, обусловленная легким гранулометрическим составом.

Мерзлота в условиях Крайнего Севера является важным регулятором влажности почвы. На границе оттаявшего слоя и мерзлоты влажность не опускается ниже 0,4 – 0,5 НВ, обеспечивая растения влагой на удовлетворительном уровне. При большом количестве осадков (10 и более мм) и близком залегании мерзлоты к поверхности влажность корнеобитаемого слоя (0,2 м) возрастает до верхнего предела оптимальности, несмотря на легкий гранулометрический состав грунтов.

Одним из решающих факторов развития многолетних трав является температура почвы, особенно в начале вегетации. Во всех процессах, происходящих в почве, проявляется влияние температуры. Очень важно установить особенности температурного режима почв в условиях Крайнего Севера, где преобладают низкие температуры воздуха.

В результате исследований было установлено, что в среднем за три года температура грунта в течение вегетационного периода на глубине 5 см составила 10,6⁰, 10 см – 9,6⁰, 15 см – 8,6⁰ и 20 см – 7,8⁰С (табл.2)

2. Температура песчаного грунта за вегетационный период, °С

Глубина, см	Год			Среднее за 3 года
	2016	2017	2018	
5	8,4	10,5	13,0	10,6
10	8,0	9,6	11,2	9,6
15	7,0	8,6	10,1	8,6
20	6,4	7,9	9,2	7,8

Полученные результаты многолетних исследований свидетельствуют о том, что температура песчаного грунта в верхнем 0,2- метровом слое

существенно ниже оптимальных значений для активного роста и развития многолетних трав. Одной из главных причин низкой температуры грунта является постоянное близкое залегание мерзлоты к поверхности. По этой причине самая тесная связь между температурой воздуха и почвы в течение вегетационного периода имеется лишь в самой верхней части профиля. Средние коэффициенты корреляции между температурой воздуха и грунта за трехлетний период следующие: на глубине 5 см – 0,91; 10 см – 0,88; 15 см – 0,85; 20 см – 0,83.

Другой важной особенностью температурного режима северных песчаных грунтов являются резкие колебания температуры не только в целом за вегетационный период, но и в течение короткого срока. Например, 21 июня 2016 г. на глубине 5 см температура была равна 14°C, через 3 дня она понизилась до 8°C, т.е. почти в два раза. Примерно такое же снижение температуры произошло на глубинах 10, 15 и 20 см. Еще более значительное снижение температуры отмечено в конце первой декады июля. Если температура в первой декаде июля в 0,2- метровом слое составила 11,3°C, то во второй только 7,4°C. В третьей декаде июля она вновь значительно возросла, достигнув величины 10°C. Аналогичное явление происходило и в другие два года исследований. Резкие перепады температуры почвы в течение вегетационного периода задерживали рост и развитие многолетних трав.

Переход температуры через 5°C все годы происходил примерно в одни сроки во второй декаде июня. На глубине 15-20 см переход отмечался на 2-4 дня позднее, чем в слое 0-10 см. Причина позднего весеннего перехода температуры через 5°C – низкая температура воздуха, близкое залегание мерзлоты к поверхности и относительно высокая влажность песчаного грунта в ранневесенний период.

Период с температурой почвы выше 10°C характеризуется краткостью и большой неустойчивостью (табл.3). Особенно ярко это проявилось в 2016г.

3. Даты перехода температуры песчаного грунта через 10°C (2016-2018 гг.)

Глубина, см	Переход		Период с температурой 10°C и более, дней
	весенний	осенний	
0-5	13-17.VI	10.VII-9.VIII	23-57
5-10	14-18.VI	10.VII-6.VIII	22-53
10-15	15-19.VII	10.VII-5.VIII	22-26
15-20	21.VI-12.VII	9.VII-5.VIII	18-24

В 2016 г. переход температуры на глубине 0-15 см произошел в конце первой декады июня (18.VI). Через 6 дней температура по всему слою 20 см опустилась до 6-8°C. Начиная с 11 по 27 июля температура по всему 0,2-метровому слою находилась на уровне 5-9°C. Только один раз 28 августа в результате высокой температуры воздуха она повышалась до 11-15°C. После этой даты температура грунта уже составляла 2-4°C и более не достигала значения 10°C до конца вегетационного периода. В 2017 г. нами отмечены также резкие колебания температуры. Снижение температуры до 3-5°C произошло через 6 дней (19.VII) после первоначального ее перехода через 10°C. На четвертые сутки после снижения температура грунта повысилась до 11-14°C. На глубинах 5-15 см температура выше 10°C продержалась 17 дней. В этот период на глубине 20 см температура грунта не превышала 8-9°C. С 9 по 20 июля температура вновь опустилась до 4-7°C. В третьей декаде июля и до 5 августа температура по всему слою 20 см превышала 10°C, достигая 14°C. В 2018 г. по-иному складывался температурный режим грунта. Прежде всего, в слое 0-10 см после перехода через 10°C температура не опускалась ниже этой величины до конца вегетационного периода. На глубине 15-20 см из-за медленного оттаивания грунта постоянный переход температуры через 10°C произошел 9-12 июля. Ранее только в течение суток (29 июня) температура на этой глубине поднималась до 11-12°C.

Низкая температура грунта и запаздывание со сроками ее перехода через 10°C обуславливают накопление малой суммы активных температур (табл.4).

4.Сумма активных среднесуточных температур грунта за вегетационный период(2016-2018гг.)

Глубина, см	Год			Среднее за 3 года
	2016	2017	2018	
0-5	179,8	364,0	508,2	350,7
5-10	159,9	319,2	442,2	307,1
10-15	100,8	265,6	227,8	198,1
15-20	64,5	71,7	179,2	105,1

Максимальная сумма активных температур по всему слою 0-20 см накоплена в 2018 г. Произошло это прежде всего за счет более раннего весеннего и позднего осеннего перехода температуры через 10°C. Вниз по профилю грунта различия по сумме активных температур достигают максимума на глубине 15-20 см. Самая минимальная сумма активных температур установлена в 2016 г. В целом можно отметить острый дефицит тепла для активного роста и развития всех культур, включая многолетние травы. Это обстоятельно диктует необходимость тщательного подбора трав при формировании рекультивационной травосмеси.

Выводы

1. На основе анализа результатов полевых исследований установлена зависимость влажности песчаного грунта от количества выпавших атмосферных осадков ($r= 0,58-0,93$). В условиях лесотундровой зоны Ямало-Ненецкого автономного округа запасы влаги в агроценозах многолетних трав зависят от влагообеспеченности вегетационного периода и могут варьировать от избыточного увлажнения (ранней весной и осенью) до острого дефицита в летний период (20-30% НВ в слое почвы 0,4 м). Для повышения влагоемкости песчаного грунта, увеличения в нем запасов влаги

и улучшения термического режима для многолетних трав предложено внесение торфа в дозе 100-150 т/га.

2. Выявлены тенденции изменения температурного режима песчаных грунтов Крайнего Севера, обусловленные низкими температурами воздуха ($r=0,83-0,91$) и наличием мерзлых пород на глубине 50-70 см. Практически ежегодно в течение вегетационного периода температура корнеобитаемого слоя (0-20 см) может опускаться ниже 5°C из-за резких колебаний температуры воздуха, что оказывает негативное влияние на рост и развитие многолетних трав. Накопление малой суммы активных температур в 0,2-метровом слое песчаного грунта ($198,1-307,1^{\circ}\text{C}$) определяет необходимость включения в состав рекультивационной травосмеси холодостойких видов многолетних трав.