

Н.А. Качинский

**Замерзание, размерзание и влажность
почвы в зимний сезон в лесу и на полевых
участках**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
Н11

Н11 **Н.А. Качинский**
Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках / Н.А. Качинский – М.: Книга по Требованию, 2024. – 170 с.

ISBN 978-5-458-59903-0

ISBN 978-5-458-59903-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Основные положения настоящей работы были доложены мною в апреле месяце 1925 г. в заседании Московского Метеорологического Общества и в мае того же года в научном Совете МОСХОС и на Всесоюзном Геофизическом Съезде в Москве.

Предварительное сообщение о работе (автореферат), с приведением главных выводов напечатано в журнале „Почвоведение“ за 1926 г., № 1.

Работа является частью работ по водному режиму почвы, проводимых мною в Почвенном отделе Московской Областной сельскохозяйственной Опытной станции с 1921 года. Часть материала по тому же вопросу (материала, в значительной мере, методического характера) уже опубликована в статьях: 1) — „О влажности почвы и методах ее изучения“ ¹⁾ и 2) — „Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Исследование в связи с водным и питательным режимом почв“.

Для полного уяснения постановки вопроса в настоящей статье, целесообразно ознакомиться и с вышеназванными работами.

Неотлучным моим сотрудником при проведении настоящей работы, в течение всех лет, был сельскохозяйственный рабочий *С. В. Игатов*, который добросовестно и с знанием дела выполнял многообразные возложенные на него обязанности и тяжелую работу по закладке многочисленных профилей в мерзлой почве.

В обработке материала, при подготовке настоящей книги к печати, принимали деятельное участие — ассистент отдела Почвоведения МОСХОС — *А. В. Николаев* и сотрудник Московского почв. Комитета — *Д. Д. Осин*.

Н. Качинский.

30/V—1926 г..
Собакино-Опытное..

1). См. названную работу автора в 3-издании „Новой деревни“.

I. Цель постановки работы.

В вопросе о водном режиме почвы весьма существенную роль играют зимний и ранне-весенний (март—апрель) периоды. Это положение было всегда бесспорно для юга и юго-востока нашего союза. Для севера же и средних губерний оно не было достаточно оценено. Причина, повидимому, в длительной и суровой зиме, каковая внушает представление о полном анабиотическом состоянии почвы в этот период. Недооценка зимнего периода, а отчасти трудность работ зимою, повидимому, и обуславливают крайнюю недостаточность материала и малость экспериментальных наблюдений, приуроченных к зиме.

Если для юга и, отчасти, востока Европейской части СССР, мы имеем ряд основательных работ (*Близнин, Измаильский, Высоцкий, Ротмистров, Барakov, Морозов, Локоть, Лебедев, Давид, Тюремнов* и др.), характеризующих водную жизнь почвы в течение всего года, то для северных и средних областей соответствующий материал для зимнего периода крайне мал ¹⁾. Между тем, при более близком знакомстве с этим периодом, мы должны отметить ряд моментов весьма важных для жизни почвы вообще (напр. для структурообразования) и в частности для ее водного режима. Последствие зимнего периода в вопросе о влажности сказывается в течение всей весны, а иногда, и еще долее. Без учета зимнего периода затруднительно дать правильно объяснение ряду явлений, наблюдаемых уже в период вегетации. Поясню примером. — Мы сопоставляем влажность полевых участков и почвы леса. Подавляющее большинство наблюдений, относящихся к вегетационному периоду, отмечают *большую просушенность поверхностного горизонта почвы в лесу* ²⁾.

¹⁾ Когда настоящая статья готовилась к печати, появились работы: *В. П. Мосолова* — „Размерзание почвы и использование снеговой воды“. Научно-агрономический журнал. 1925 г., № 11, стр. 681.

— Тот же автор — „К изучению вопроса о промерзании почвы“. Научно-агрономический журнал. 1926 г., № 12, стр. 758 и

— *Проф. Чуриков Ф. В. и Малюгин А.* — „Ход влажности в подзолистой почве при замерзании и оттаивании“. Научно-агрономический журнал. 1926 г., № 1, стр. 40.

Все три названные работы близки нам, как по теме, так и по месту их проведения. Они, в известной мере, восполняют пробел, отмеченный нами в вопросе о водном режиме подзолистых почв в зимний сезон. Этих работ мы будем касаться в тексте.

²⁾ См. *Н. А. Качинский*. — „Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Исследование в связи с водным и питательным режимом почв“. Труды Моск. Обл. с.-х. Опытной Станции, Вып. 7. 1925 г., Глава IX.

Одновременно более глубокие горизонты почвы леса ¹⁾ в отдельные годы или в отдельные периоды одного и того же года оказываются смоченными столь же интенсивно, как и на полевых участках, а иногда, и влажнее их. Имея только летние наблюдения, мы невольно зададим вопрос — каким образом под более просушенным поверхностным горизонтом почвы леса, могут оказываться горизонты сильнее увлажненные, нежели, скажем, на залежи, если пахотный слой залежи в течение всего периода вегетации влажнее поверхностного горизонта почвы леса. На этот, как и на многие вопросы, дают ответ зимние наблюдения.

Первоначально мы задались целью изучать только влажность почвы. Но влажность теснейшим образом связана с процессами замерзания и разморозания. Естественно встали на очередь наблюдения и этих процессов. В конечном счете мы детализировали вопрос так:

1) — Уточнение методики по изучению промерзания почвы и влажности ее в зимний сезон.

2) — Зависимость замерзания и разморозания почвы от снежного покрова, ледяной корки, мертвого растительного покрова, обработки почвы и пр...

3) — Зависимость того же процесса (см. 2) от макро и микро рельефа.

4) — Типы разморозания почвы.

5) — Пестрополье в разморозании.

6) — Характер замерзания воды в почве и влияние его на процесс структурообразования.

7) — Водопроницаемость мерздой почвы.

8) — Снежный покров, промерзание и разморозание почвы в лесу и на полевых участках.

9) — Особенности увлажнения почвы в зимний сезон.

10) — Конденсационный процесс.

11) — Роль леса в водонакоплении.

12) — Опыт искусственного размораживания почвы с целью создания условий для восприятия ею талых вод снежного покрова.

Работа проведена на средне-оподзоленном суглинке, залегающем на перемытой морене ²⁾. Более подробное описание почвы см. в нашей работе — „Корневая система растений в почвах подзолистого типа. Исследование в связи с водным и питательным режимом почв“.

1). Пока мы имеем в виду только 2-х метровый слой почвы.

2). Место постановки работы — Собакино-Опытное, Московской губ., Звенигородского уезда.

II. Метод исследования.

Мощность снежного покрова, глубина промерзания почвы и влажность ее определялись одновременно. Осенью до выпада снега и промерзания почвы наблюдения над влажностью велись еженедельно. Позже с появлением снежного покрова все наблюдения осуществлялись раз в две недели, приблизительно 10-го и 25-го числа каждого месяца.

Наибольшие затруднения встретились при определении мощности промерзания почвы и характера ее замерзания. Как известно, общепринятый метод определения промерзания почвы—термометрические наблюдения. И мы первоначально склонны были устанавливать интересующие нас величины по показаниям термометров на инструментальной площадке Метеорологического отдела Станции ¹⁾. Ноль в показаниях термометров признается за начало замерзания или оттаивания почвы. Слои же почвы, окаймленные температурой в 0°, считаются мерзлыми. Ноль градусов в том случае, если он не отмечается термометром на определенной глубине, находится путем интерполяции между показаниями двух соседних термометров с отрицательной и положительной температурами.

Отмеченная методика, издавна прочно укоренившись в метеорологической и сельскохозяйственной практике, находит повсеместное применение и теперь, хотя теоретические основы ее в настоящее время окончательно расшатаны.

Первые же наши контрольные определения глубины промерзания почвы по показаниям термометров и методом закладки разреза в мороженной почве дали столь резкое расхождение, что мы сразу же отказались от изучения интересующего нас процесса замерзания методом термометрических наблюдений.

Отметим лишь основные моменты, говорящие против термометрических наблюдений обычного типа, как метода определения замерзания почвы.

При 0° замерзает свободная дистиллированная вода. При нуле же начинает таять снег или лед, образовавшийся из такой воды. При чем наблюдать нулевую температуру таяния льда или снега отнюдь нелегко, даже при пользовании более точными термометрами, выверенными в глав-

¹⁾. Площадка расположена в поле, на старо-залежном участке. Почва—средне-оподзоленный суглинок на перекрытой морене.

ной физической Обсерватории. Чтобы получить температуру таяния снега точно 0° , нужно соблюсти ряд условий,—в противном случае она колеблется около названной величины приблизительно на 0° .¹⁾

В почве мы имеем, во первых, не дистиллированную воду, а, более или менее, концентрированный раствор солей, кислот и прочего, каковой замерзает ниже нуля. Во вторых (и это особенно важно) вода в почве находится в тесном взаимодействии с твердой фазой этой последней, почему только часть воды может быть свободной (гравитационная вода). Остальная вода находится под воздействием капиллярных и молекулярных сил почвы и это воздействие тем сильнее сказывается, чем водный слой вокруг почвенных частиц тоньше, т.-е. чем меньше степень увлажнения почвы. При слабых степенях увлажнения гравитационной воды может и совсем не оказаться.

Притяжение воды почвенными частицами, поверхностное натяжение воды при стремлении водных оболочек занять вокруг почвенных частиц наименьшую поверхность, плюс та или иная концентрация почвенного раствора создают своеобразные, отличные от вышеуказанных, условия замерзания воды в почве, при чем эти условия постоянно колеблются и изменяются в зависимости от степени смоченности почвы. Говорить в этом случае о нулевой температуре, как температуре замерзания и разморозания почвы, очевидно, нельзя. При максимальных степенях увлажнения эта температура будет приближаться к нулю. По мере же просыхания почвы, отклонения от нуля должны быть все заметнее.

Приведем несколько данных в подкрепление высказанных соображений: еще *Костычев* и *Проф. Бараков* указывали²⁾,³⁾ что почвенные растворы, как равно и вода в капиллярах, могут значительно переохлаждаться и замерзать ниже нуля. Та же мысль настойчиво проводится *В. В. Винером* в его работе на Шатиловской с.-х. опытной станции⁴⁾. Последний автор не довольствуется уже теоретическими заключениями по данному вопросу, а подкрепляет свои соображения многократными определениями промерзания почвы в поле.

В 1916 г. в трудах Мичиганской опытной Станции напечатана работа *G. Bouyoucos-a* и *Mc Cool*, в которой авторы пытаются определить концентрацию почвенного раствора по температуре его замерзания. Раствор замораживается в почве без предварительного его выделения. Замораживание осуществляется с помощью несколько измененного аппарата *Бекмана*. Не вдаваясь в оценку взглядов названных авторов на природу почвенного раствора, мы используем их данные для выяснения интересующего нас вопроса.

1). См. *С. И. Небольсин*—„Как тает снег“. Метеорологический вестник, 1925 г., № 5.

2). См. *Проф. П. Бараков*—„Курс общего земледелия“, часть I-я, стр. 208. Издание 1903 г. и позднейшие.

3). *П. А. Костычев*—„Почва, ее удобрение и обработка“. 1905 г..

4). *В. В. Винер*—„К вопросу о значении снежных скоплений для полевой культуры“. Вестник сельского Хозяйства. 1905 г., №№ 3—10.

Замораживаются при различных степенях увлажнения песок, суглинок, глина. Температуру замерзания см. в таблице № 1.

Таблица № 1.¹⁾

Температура замерзания почвы в зависимости от степени ее увлажнения.						
Почвенные субстраты.	Кварцевый песок.		Суглинок.		Каолин.	
Влажность в %	1.50	15.0	16.39	35.84	13.50	78.60
Депрессия в градусах	0.070	0.007	0.830	0.022	1.025	0.025

Результаты опыта очевидны. При дальнейшем понижении влажности почвы, температура замерзания ее продолжает понижаться. Почву же просушенную до состояния максимальной гигроскопичности и ниже не удается заморозить и при температуре (—) 78° Цельсия²⁾.

Данные *Воиуосос-а* были проверены в последние годы и подтверждены в работах В. В. Лобанова и В. П. Мосолова³⁾. Ниже в таблице № 2 приводим данные из ненапечатанной работы В. В. Лобанова⁴⁾.

Таблица № 2.

Температура замерзания легко-суглинистой подзолистой почвы в зависимости от степени ее увлажнения, опред. по методу <i>Воиуосос-а</i> .						
Почвенный субстрат.	Пахотный слой.		Подзолистый горизонт.		„Красная глина“.	
Влажность в %%	15.74	8.49	13.96	3.75	14.94	9.06
Понижение точки замерзания раствора.	0.277	0.747	0.067	1.220	0.131	1.990

Как видим, данные таблицы № 2 всецело согласуются с результатами, полученными *Воиуосос-ом*.

О пониженной далее 0° температуре замерзания почвенного раствора, даже при условии его выделения из почвы, говорят и данные А. В. Трофимова⁵⁾.

Наконец, того же порядка явление было наблюдаемо значительно ранее в целом ряде работ при замораживании воды в капиллярных труб-

1). См. G. J. *Воиуосос* и M. M. *Мессол*. Exp. st. Michigan, Techn. Bull № 24, 1916. s. 592—631 и реферат проф. К. К. *Гедройца*—„Журнал опытной агрономии“, т. XIX. 1918 г., стр. 461—470.

2) Soil Science. Vol. IX. 1921 г.

3). Упоминание о данном явлении, впрочем без ссылки на *Воиуосос-а*, находим и в работе В. Г. *Корнева*—„Всасывающая сила почвы“. Ст. 13—14.

4). Данные любезно предоставлены мне автором. Пользуюсь случаем принести ему искреннюю благодарность.

5). А. В. *Трофимов*—„Некоторые наблюдения над изменением почвенного раствора паровых полей в течение вегетационного периода“ Н—А. Ж., 1924. № 9—10.

ках и в маленьких водных шариках¹⁾. В трубках и водных шариках вода замерзает при различных температурах, причем температура замерзания резко понижается с уменьшением диаметра капилляра или водного шарика. В таблице № 3 приводим данные по переохлаждению воды в капиллярах из работы *Т. Боровик-Романовой*²⁾.

Таблица № 3.

Температура замерзания воды в капиллярных трубках.				
Диаметр V-образных трубок в миллим.	1.57	0.24	0.15	0.06'
Температура замерзания в них воды .	—6.4	—13.3	—14.6	—18.5

В данном случае с особенной очевидностью выразилась зависимость температуры замерзания воды от формы ее физической выраженности.

Но если температура в 0° не является показателем начала замерзания почвы, то, с другой стороны, и температура выше нуля еще не доказывает талости почвы и жидкого состояния воды. Это отчетливо выступает в работе *проф. С. И. Небольсина* — „Как тает снег“ (Метеорологический вестник 1925, № 5). Оказывается снег может оставаться снегом при показаниях в нем термометров до 0°.7 выше нуля. Это дает основание предполагать, что и температура размерзающей почвы может подниматься значительно выше нуля, прежде чем почва размерзнется. Такое предположение подтверждается в нашей работе (см. ниже табл. № 4): нам приходилось констатировать абсолютно мерзлую почву при показаниях в ней термометра до +0.5°, +0.6°.

На основе всех развитых соображений можно с достаточной уверенностью утверждать, что термометрические наблюдения над температурой почвы в том виде, как они сейчас осуществляются, не пригодны для суждения о ее замерзании и размерзании. Они показывают лишь ход почвенных температур и то с большими или меньшими погрешностями³⁾.

Желая иметь более конкретный материал по затронутому вопросу, мы провели многократные контрольные определения мощности промерзания почвы с помощью термометрических установок и методом буровых

1). См. Sernez—C. R. 95, 1278, 1882 г.

Despretz—C. R. 5, 19, 1837 г.

W. K ochs—Biolog. Centralbl. XII, p. 330. 1892 г.

Бахметьев—Ж. Физ.—Х. Общ. Том 32, Стр. 218. 1900 г.

D u f o u r Ann. Chim. et phys. (3). 68, p. 370. 1863 г.

2). Журнал русского физико-химического общества. Часть физическая. Том. 56 Выпуск 1, стр. 14—22.

Т. Боровик-Романова—„Переохлаждение воды в капиллярных трубках“.

3). О дефективности термометрических установок—См. например: 1)—Инструкции метеорологическим станциям второго разряда, выпуск 2-й—дополнительные наблюдения. Издание Главной Обсерватории. 1922 г., стр. 21. 2)—*П. И. Колосков* — „К методике наблюдений над температурой почвы“. 1925 г..

скважин. С указанной целью в различные годы, рядом с инструментальной площадкой отдела метеорологии, где установлены вытяжные термометры в эбонитовых трубках, трубчатым буром пробивались в почве скважины и определялась подлинная глубина ее промерзания. Термометры установлены на старо-залежном участке. Буровые скважины закладывались на расстоянии 3-х метров от термометров, в аналогичных условиях залегания почвенного и снежного покрова. В виду того, что все контрольные определения по характеру довольно однотипны, мы приводим лишь часть их (см. таблицу № 4) ¹⁾.

Таблица № 4²⁾.

Промерзание почвы и показания почвенных термометров.					
Время наблюдения.	Промерзание почвы, установленное методом буровых скважин.	Снежный покров на месте бурения.	Показания термометров на глубине:	Глубина залегания 0°.	Снежный покров у термометров.
1922 г.— 23 декабря.	7 см.	23 см.	10 см.—(—) 0.7 25 см.—(+) 0.6	18 см.	21 см.
1923 г.— 16 марта.	17 см.	54 см.	10 см.—(—) 0 ⁰ .5 25 см.—(—) 0 ⁰ .2 50 см.—(+) 0 ⁰ .1	41 см.	55 см.
1924 г.— 24 декабря.	11 см.	12 см.	10 см.—(—) 2 ⁰ .3 25 см.—(—) 0 ⁰ .3 50 см.—(+) 2 ⁰ .0	28.3 см.	10 см.
1925 г.— 2 апреля.	От поверхности до 28 см.	7 см.	10 см.—(+) 0 ⁰ .5 25 см.—(—) 0 ⁰ .4 50 см.—(—) 0 ⁰ .2 100 см.—(+) 0 ⁰ .4	0 ⁰ .0 на 18.3 и 66.7 см. Выше 18.3 см. и ниже 66.7 см. температура выше 0 ⁰ .0.	6 см.
1925 г.— 5 апреля.	От поверхности до 32 см.		Электрические термометры, основанные на термопаре, показывают на глубине 5 см. температуру выше нуля. Остальные—до глубины 50 см.—температуру в 0 ⁰ .0 или ниже нуля.		

Из приведенных данных совершенно очевидно, что температура 0° в почве не есть граница простирающаяся в ней мерзлоты. В одних случаях мерзлота залегает много выше, нежели термометрический нуль, в других случаях (см. показания от 2-го и 5-го апреля 1925 г.) почва оказывается мерзлой в то время, как термометры показывают температуру выше нуля.

1). Скважины закладывались в полдень. Показания термометров взяты для часа дня.

2). Ссылку на эту нашу работу см. С. И. Небольсин—„Тепловой режим почвы“. Труды Института Геофизики, стр. 12—13, 1925 г..

Настоящее положение, для большей уверенности, как это явствует и из таблицы № 4, мы проверяли в течение ряда лет, но уже с 22-го года мы отказались от изучения процесса замерзания и разморзания почвы методом термометрических наблюдений и стали изучать его путем закладки буровых скважин и почвенных разрезов¹⁾.

Технически работа осуществлялась таким образом: на месте наблюдений, с помощью рейки, измерялась мощность залегания снежного покрова (в работе приводятся средние величины из 15—25 контрольных определений). Потом на площадке 2×3 кв. метра снег счищался лопатами. Сообразуясь с микрозападинами и микровозвышенностями, закладывались буровые скважины. При этом устанавливалась глубина промерзания почвы и брались образцы для определения влажности.

С помощью бура нашей реконструкции (см. описание ниже) мощность промерзания определяется довольно быстро и точно. Бур забивается деревянным окованным молотком, и по легкости погружения его²⁾ устанавливается момент прохода мерзлого слоя. По делениям на буре отмечается глубина. После этого, с помощью соответствующего шомпола, через отверстие в головке бура выталкивается вырезанный столбик почвы. Мерзлая его часть, обычно выходит ненарушенной. Она легко узнается по твердой консистенции и наличию кристаллов льда.

Обломавши руками талую почву до мерзлоты, снова промеряем мощность мерзлого слоя.

Для выяснения характера замерзания воды в почве, в мерзлых кусках, взятых из бура или вырубленных с помощью лопаты и лома, делаются срезы острым перочинным ножом, и тогда профили ледяных прослоек и прожилок отчетливо выступают на фоне почвы. Полезно иногда и разламывать мерзлые куски, что хорошо удается по направлению напластования льда. На изломах лучше вскрывается структура замерзшей воды, особенно в почвенных пустотах. (Об этом см. Главу III).

Для лучшего созерцания деталей мерзлой почвы, мы пользовались лупой. Лупа же необходима для установления наличия мерзлости в почве оттаивающей и в почве, замерзшей при малом содержании в ней воды. В обоих последних случаях — почва полутвердой консистенции. Оттаивающая почва при этом слегка мокра, но она еще продолжает местами цементироваться отдельными ледяными прожилками.

В случае замерзания почвы сильно просушенной, она даже будучи мерзлой, раздавливается (с некоторым усилием) в руках и рассыпается. Заметить кристаллы льда в такой почве невооруженным глазом часто не удастся. В лупу же легко открывается характерное „мерзлое“ поблескивание на изломе почвы.

¹⁾ Близким к нашему методом работали: в 1904—1905 г. В. В. Винер (См. Вестник сельского хоз. за 1905 г., №№ 3—10), в 23-м—24-м году В. П. Мосолов (См. Н.А.Ж. за 1925 г., № 11, стр. 681—699) и проф. Ф. В. Чириков и А. Милюгин (См. Н.А.Ж. за 1926 г. № 1, стр. 40—51).

²⁾ Пройдя мерзлый слой, бур как бы срывается вниз.