

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.Х. Дегтерев

О П Р Е Д Е Л Е Н И Е НОРМ ГИПСОВАНИЯ И ПРОМЫВАНИЯ СОЛОНОВАТЫХ ПОЧВ

Методические указания
к выполнению практической работы № 4
по дисциплине
«Мелиорация и рекультивация земель»

Севастополь
СевГУ
2026

УДК 631.821:631.6(07)
ББК 41.43:40.6я73
Д261

Р е ц е н з е н т :
Г.В. Кучерик - канд. техн. наук, доцент

Дегтерев, А.Х.

Д261 Определение норм гипсования и промывания солончатых почв: методические указания к выполнению практической работы № 4 по дисциплине «Мелиорация и рекультивация земель» / А. Х. Дегтерев; Севастопольский государственный университет. – Севастополь: СевГУ, 2026. – 12 с. – Текст: электронный.

Методические указания составлены с целью помочь студентам в выполнении практической работы на тему: «Определение норм гипсования и промывания солончатых почв». Рассмотрены классификация засоленных почв и методы их химической мелиорации. Наряду с влиянием токсичности солей рассмотрены осмотические эффекты. Приведены примеры расчета степени засоленности почв, осмотического давления, норм гипсования и промывки. Даны расчетные формулы и предложены соответствующие задания по вариантам.

Предназначены для студентов СевГУ, обучающихся по специальности «Экология и природопользование» и изучающих дисциплину «Мелиорация и рекультивация земель».

УДК 631.821:631.6(07)
ББК 41.43:40.6я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Радиоэкология и экологическая безопасность», протокол № 5 от 07 апреля 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	4
Общие сведения	4
Задания для самостоятельной работы	10
Контрольные вопросы	11
Рекомендуемая литература	12

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить методы химической мелиорации солончатых почв.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

По прогнозам международных организаций, включая ФАО ООН (от ФАО – Food and Agriculture Organization), к 2050 г. половина сельскохозяйственных земель будет засоленными, что связано с нарушением норм орошения и вовлечением в оборот малопродуктивных и засушливых земель. Для степной зоны Крыма тоже характерно наличие отдельных участков с солончатыми почвами. Наличие солей в почве угнетает растения как за счет осмотических эффектов, так и вследствие токсичности некоторых солей. Концентрация солей в почве определяется путем взятия вытяжки из 100 г сухой почвы с последующим измерением солёности этой вытяжки.

Обычно степень засоления почв характеризуется именно показателем токсичности. Предельное значение его, выше которого начинается угнетение роста и развития сельскохозяйственных культур, является порогом токсичности. Разумеется, он отличается для разных растений. Например, к наиболее солеустойчивым деревьям и кустарникам относятся гранат, мелколистный вяз, жимолость.

Самыми токсичными являются соли натрия (рис. 1). Здесь выше ступенчатой линии приведены соли, вредные для растений. Из рисунка видно, что наиболее токсичны сода, а также хлористый и сернокислый натрий.

NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃
MgCl ₂	MgSO ₄	MgCO ₃	Mg(HCO ₃) ₂
CaCl ₂	CaSO ₄	CaCO ₃	Ca(HCO ₃) ₂

Рис. 1. Диаграмма токсичности солей для растений

Если же говорить об анионах, то наибольшей токсичностью обладают карбонаты и бикарбонаты, затем идут хлориды и сульфаты. Наименьшая

токсичность характерна для сульфатов. Токсичность NaCl в 3 раза больше, а Na₂CO₃ – в 10 раз больше, чем у них.

Почвы, насыщенные основаниями, могут содержать избыточное количество обменного натрия, отрицательно влияющего на их плодородие. Степень солонцеватости почв А принято определять по содержанию в ней ионов натрия. Она равна отношению содержания обменного натрия C_{Na} к обменной емкости почвы Е, выраженному в процентах:

$$A = (C_{Na} / E) \cdot 100\%.$$

По степени солонцеватости различают:

– несолонцеватые почвы, содержащие менее 3 % поглощенного натрия от емкости катионного обмена;

– слабосолонцеватые – 3–5 %;

– среднесолонцеватые – 5–10 %;

– сильносолонцеватые – 10–15 %.

Очень засоленные почвы называют солонцами, среди них выделяют:

– малонатриевые – 10–20 %;

– средненатриевые – 20–40 %;

– многонатриевые – > 40 %.

На практике принято выражать значения C_{Na} и Е в мг-экв/100 г почвы, хотя непосредственные результаты измерений солёности почв получают в мг. Поэтому делается перерасчет значений C (мг) в C (мг-экв) путем умножения C (мг) на валентность иона и деления на его атомный (молекулярный) вес. По сути это выражение количества солей в нормированном на валентность числе миллимолей.

Пример 1. Пусть в образце почвы содержится 63 мг ионов Mg²⁺. При этом валентность иона равна 2, а его атомный вес 24,4. Отсюда $C = 63 \cdot 2 / 24,4 = 5,2$ мг-экв.

Пример 2. В расчете на 100 г почвы $C_{Na} = 2,8$ мг-экв и $E = 20$ мг-экв. Тогда степень солонцеватости $A = (2,8/20) \cdot 100\% = 14\%$.

Та же терминология используется для описания жесткости воды, которая обусловлена содержанием двухвалентных ионов кальция и магния. Общую жесткость воды выражают в мг-экв/л и она равна сумме концентраций этих ионов в мг-экв/л. Если получается более 3 мг-экв/л, то вода считается жесткой. Например, в Севастополе это так из-за растворения водой известняка.

Удалить из солонца натрий можно, если промыть его раствором какой-либо соли, например, кальция. Ион кальция вытеснит из почвы натрий и неблагоприятные свойства солонца исчезнут. Однако вносить в почву для вытеснения обменного натрия углекислый кальций, как делается при известковании, бесполезно. В солонцах он остается недействительным. Вносить надо более легко растворимую сернокислую соль кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – тонко размолотый гипс или фосфогипс, в котором кроме гипса содержится 2-3% фосфорного ангидрида. Обычно приходится вносить от 5 до 25 т сырого (водного) гипса на один гектар солонцов. Гипс рассыпают по поверхности почв, а затем запахивают. Причем обычно вносится не чистый гипс, а мелиорант с содержанием гипса порядка 75%. Тогда необходимую дозу гипса находят по формуле

$$D = [0,086 \cdot (C_{\text{Na}} - 0,05E)]h \cdot \rho \cdot 100 / D_b, \quad (1)$$

где D – доза гипса в т/га, $0,086 = 1$ мг-экв гипса, C_{Na} – содержание натрия в 100 г почвы, E – обменная емкость в мг-экв на 100 г почвы, h – мощность пахотного слоя в см, ρ – плотность почвы в г/см³ и D_b – содержание гипса в мелиоранте в %.

Пример 3. Пусть мощность пахотного слоя 25 см, $\rho = 1,4$ г/см³ и $D_b = 75\%$, а значения C_{Na} и E – как и в примере 2. Тогда

$$D = [0,086 \cdot (2,8 - 0,05 \cdot 20)] \cdot 25 \cdot 1,4 \cdot 100 / D_b = 7,2 \text{ т/га.}$$

Осмотические эффекты в засоленных почвах связаны с необходимостью преодоления осмотического давления при попадании воды из почвы в

растения через их мембраны. Удерживающее пресную воду в почвенном растворе давление в этом случае равно:

$$P(\text{МПа}) = 5,6 \cdot 10^{-5} \cdot C(\text{мг/л}),$$

где C – суммарная минерализация воды (соленость). Именно это давление необходимо для работы опреснителей морской воды, работающих по принципу обратного осмоса. Соответствующая формула Вант Гофта была получена им по аналогии с уравнением состояния идеального газа:

$$P_{\text{осм}} = cRT, \quad (2)$$

где c – молярная концентрация растворенного вещества ($c = n/V$, n – число молей соли), T – температура воды в Кельвинах и R – универсальная газовая постоянная. Основной компонент морской соли – это NaCl . С учетом ее диссоциации на два иона в формуле (2) следует умножать молярную концентрацию соли на 2.

Соленость воды S обычно выражают в промилле или же в процентах, имея в виду, что это отношение массы соли к массе воды. Например, при солёности морской воды 35 г/кг, что примерно равно 35 г/л, говорят, что ее солёность 35 промилле или 3,5%. Формально вода считается пресной, если ее солёность менее 1 г/л, то есть меньше 0,1%.

Засоленность почв оказывает влияние не только на получение растениями влаги из почвы, но и на получение ими из почвы растворенных в воде необходимых минеральных элементов. При солёности в диапазоне от 0,3 до 0,5 % уже говорят о повышенном содержании солей, хотя растения испытывают еще слабое угнетение. В диапазоне от 0,5 до 1 % имеет место уже сильное угнетение растений. При дальнейшем увеличении концентрации почвенного раствора наблюдается гибель большинства растений, в связи с чем такие участки почв называются солончаками.

Если осмотическое давление почвенного раствора выше осмотического давления клеточного сока растения, то поступление воды и элементов

питания в растение прекращается, и оно погибает. Осмотическое давление клеточного сока у большинства культурных растений находится в пределах 1 – 3 атм. А на засоленных почвах осмотическое давление почвенного раствора достигает 10 – 20 атм. На таких почвах могут произрастать только солевыносливые растения (солянки, солерос, джужгун), клеточный сок которых имеет высокое осмотическое давление.

Пример 4. Определить осмотическое давление в 0,1% растворе хлорида натрия при температуре 25 °С, считая его диссоциацию полной.

Определим молярную концентрацию раствора. 0,1% от 100 г раствора равно 0,1 г. Соответственно, в литре будет 1 г NaCl, то есть это соленость воды 1‰. А молярная масса соли здесь равна $23 + 35,5 = 58,5$. Получим $c = 1/58,5$ моль/л = $1000/58,5$ моль/м³. Умножаем ее на 2 и подставляем в закон Вант-Гоффа, переводя температуру из градусов Цельсия в Кельвины:

$$P_{\text{осм}} = cRT = 34,2 \cdot 8,3 \cdot (273 + 25) = 0,84 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,84 \text{ атм.}$$

На вторичное засоление оказывает влияние даже слабоминерализованная оросительная вода, пополняющая запасы солей в процессе длительного орошения в условиях слабого оттока грунтовых вод. Когда содержание солей достигает 0,5–1,0 % массы сухой почвы, сельскохозяйственные культуры развиваются слабо или гибнут.

Для предупреждения вторичного засоления почвы разработан комплекс агротехнических, химических и гидротехнических мероприятий, направленных на уменьшение запаса водорастворимых солей в ее активном слое. К основным гидротехническим мероприятиям относятся следующие: периодическая промывка почвы большими нормами, строительство коллекторно-дренажной сети и организация промывных режимов орошения.

Для промывки назначают такие нормы воды, которые позволяют растворить соли и нисходящим током воды вывести их в горизонты ниже активного слоя почвы, откуда они вместе с дренажными водами поступают в коллекторно-сбросную сеть. Промывки проводят на фоне глубокого

дренажа, который отводит промывные воды и снижает уровень минерализованных грунтовых вод. Глубину дрен рассчитывают, как сумму критической глубины грунтовых вод (она составляет от 1,7 до 2,3 м) и толщины активного слоя почвы.

Для промывки слоя в 1,5–2,0 м общая промывная норма в зависимости от степени засоления и типа почвы может изменяться от 2000 до 10000 м³/га.

При проведении промывки общую промывную норму делят на разовые нормы, которые подают на участок через 2–8 дней, в зависимости от механического состава и степени засоления почвы.

Рекомендуют следующие разовые промывные нормы в зависимости от физических свойств почвы: для легких почв 700–900 м³/га; для тяжелых почв 1100–1500 м³/га. Число промывок n рассчитывают, как отношение общей промывной нормы к разовой норме.

Для простоты будем считать, что промывная норма полностью определяется нормой, необходимой для вытеснения солей из расчетного слоя почвы. Тогда она равна:

$$M_v(\text{м}^3/\text{га}) = K_{\text{пр}} \cdot z,$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент промывки, то есть количество воды (в м³), необходимое для вытеснения 1 т солей из расчетного слоя почвы, а z (в) – количество солей, которое должно быть вымыто из расчетного слоя почвы:

$$z(\text{т/га}) = 100 \cdot h \cdot \rho \cdot (z_{\text{исх}} - z_{\text{д}}). \quad (3)$$

Здесь h – мощность промываемого слоя, ρ – его плотность, $z_{\text{исх}}$, $z_{\text{д}}$ – исходное и допустимое содержание солей в процентах от массы сухой почвы.

Пример 5. На участке площадью 200 га в почве содержатся соли натрия. Вследствие длительного орошения произошло вторичное засоление его активного слоя. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо организовать промывку верхнего слоя почвы

мощностью 1 м. При этом плотность почвы $1,4 \text{ г/см}^3$, исходное содержание солей 0,8%, допустимое 0,3%. Коэффициент промывки $100 \text{ м}^3/\text{т}$.

Пользуясь формулой (3), получим:

$$z = 100 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot (0,8 - 0,3) = 70 \text{ т/га.}$$

Отсюда на вытеснение солей потребуется $100 \text{ м}^3/\text{т} \cdot 70 \text{ т/га} = 7000 \text{ м}^3$ воды в расчете на 1 га земли.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1

В предложенных ниже задачах надо определить потребность почвы в химической мелиорации, и, если она нужна, рассчитать дозу мелиоранта. Номер задачи соответствует номеру варианта.

Задача 1. При анализе каштановой почвы получены следующие данные: содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью $h = 20 \text{ см}$ и плотностью $\rho = 1,29 \text{ г/см}^3$ составило 2,8 мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена – 20 мг-экв на 100 г почвы.

Задача 2. При анализе южных черноземов получены следующие данные: содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью $h = 27 \text{ см}$ и плотностью $\rho = 1,35 \text{ г/см}^3$ составило 3,0 мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена – 22 мг-экв на 100 г почвы.

Задача 3. При анализе темно-каштановой почвы получены следующие данные: содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью $h = 22 \text{ см}$ и плотностью $\rho = 1,20 \text{ г/см}^3$ составило 5,2 мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена – 26 мг-экв на 100 г почвы.

Задача 4. При анализе светло-каштановой почвы получены следующие данные: содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью $h = 20 \text{ см}$ и плотностью $\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$ составило 4,8 мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена – 32 мг-экв на 100 г почвы.

Задача 5. При анализе каштановой почвы получены следующие данные: содержание обменного натрия в пахотном слое мощностью $h = 22$ см и плотностью $\rho = 1,2$ г/см³ составило 2,8 мг-экв на 100 г почвы, емкость обмена – 24 мг-экв на 100 г почвы.

Задание 2

Определить осмотическое давление морской воды соленостью S (1‰ = 1 г соли в 1 л) при температуре 7°C. Считать соленость равной номеру варианта, то есть 1 ‰, 2 ‰ и т.д.

Задание 3

Рассчитать промывную норму для участка засоленной земли, если $h = 1$ м, $\rho = 1,3$ г/см³, $z_{исх} = 0,6$ %, $z_d = 0,3$ %. Считать, что промывочный коэффициент в т/га равен $70 + 10 \cdot N$, где N – номер варианта.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему солонцеватые почвы малоплодородные?
2. Какие соли наиболее токсичны для растений?
3. Как определяется степень засоленности почв?
4. В чем заключается осмотический эффект при засоленности почвенных вод?
5. Как проводится гипсование почвы?
6. За счет чего происходит вторичное засоление почв?
7. Каким образом выводятся соли из активного слоя почвы при промывке?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Корягина Н.В., Поршакова А.Н., Тараканов О.В. Мелиорация и рекультивация земель. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 192 с.
2. Кравчук А.В. Мелиорация, рекультивация и охрана земель: краткий курс лекций. – Саратов: СГАУ, 2014. – 67 с.
3. Тарасенко И.А. Гидрогеология и гидрохимия. Практикум. – Владивосток: ДВФУ, 2018. – 43 с.

Дегтерев Андрей Харитонович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ
НОРМ ГИПСОВАНИЯ И ПРОМЫВАНИЯ
СОЛОНОВАТЫХ ПОЧВ**

Методические указания

В авторской редакции