

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и географии

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ

*Методические рекомендации
к выполнению лабораторных работ*

2-е издание, исправленное и дополненное

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2025*

УДК 631.4(076.5)

ББК 40.3я73

П65

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 2 от 30.12.2024.

Составитель: доцент кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова **Г.И. Пиловец**

Р е ц е н з е н т :

проректор по учебной работе ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат географических наук, доцент *М.Ю. Бобрик*

П65 Почвенные ресурсы : методические рекомендации к выполнению лабораторных работ / сост. Г.И. Пиловец. – 2-е изд., испр. и доп. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. – 52 с.

Методические рекомендации по дисциплине «Почвенные ресурсы» содержат теоретические материалы и задания к лабораторным работам, при выполнении которых студенты приобретают навыки изучения состава и свойств почв.

Рекомендуются для студентов экологических и географических специальностей.

УДК 631.4(076.5)

ББК 40.3я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕМА 1. Состав почв. Гранулометрический состав почв	6
ТЕМА 2. Структура почвы	12
ТЕМА 3. Общие черты почвообразовательного процесса. Химический состав почв	16
ТЕМА 4. Гумус почвы	22
ТЕМА 5. Высокодисперсная часть почвы. Почвенные коллоиды. Поглощительная способность почвы	30
ТЕМА 6. Реакция почв	36
ТЕМА 7. Физические свойства почвы	43
ТЕМА 8. Морфология почв. География почв	49
ЛИТЕРАТУРА	51

ВВЕДЕНИЕ

Сохраняя почвы, защищаем
биоразнообразие нашей планеты.
ООН

Учение о почве как о самостоятельном естественно-историческом теле природы было сформировано в конце XIX столетия великим русским естествоиспытателем В.В. Докучаевым (1846–1903) и развито его учениками и последователями. Он стал основателем генетического почвоведения как учения о генезисе – происхождении, развитии и эволюции почв.

Почва (по Б.Г. Розанову) – это сложная полифункциональная открытая четырехфазная структурная система в поверхностной части коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа, времени и обладающая плодородием. **Почвоведение** – наука о почве, ее происхождении, развитии, строении, составе, свойствах, географическом распространении, рациональном использовании почвенного плодородия и методах его повышения.

Располагаясь на границе соприкосновения и взаимодействия планетарных оболочек – литосферы, атмосферы, гидросферы – и развиваясь в результате их взаимодействия, трансформированного через активную (при жизни) и пассивную (после отмирания) деятельность наземных организмов, почва играет специфическую роль в этой сложной системе земных геосфер, формируя особую геосферу – **педосферу** или **почвенный покров Земли**. По определению В.И. Вернадского, почва является одновременно и компонентом **биосферы** – области распространения жизни на Земле. Почва – это следствие жизни и одновременно условие ее существования. Глобальные функции почвы:

- 1) обеспечение существования жизни на Земле;
- 2) обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов (циклов) веществ на земной поверхности;
- 3) регулирование химического состава атмосферы и гидросферы;
- 4) регулирование биосферных процессов, в частности плотности жизни на Земле;
- 5) аккумуляция активного органического вещества и связанной с ним химической энергии на земной поверхности.

Земельные ресурсы – это земли, которые используются или могут применяться в хозяйственной деятельности. **Почвенные ресурсы** – плодородные земли, пригодные для использования в сельском хозяйстве как средства производства. Они также используются в других отраслях экономики (лесном, водном, коммунальном хозяйствах и др.). В эпоху усиленного

роста антропогенной нагрузки на природные экосистемы почвоведение имеет важное значение в решении вопросов устойчивости биосферы.

Почвенные ресурсы – сложная интегральная учебная дисциплина. Ее цель – сформировать у студентов систему знаний о структуре и функциях почвенного покрова Земли как незаменимом компоненте биосферы. В учебной программе выделено два модуля.

Вопросы общего почвоведения: понятие о почве и ее плодородии, почвоведение как наука, факторы почвообразования, состав и свойства почв, процессы почвообразования.

География почв знакомит с разнообразием почв в природе, с почвами различных природных зон: арктической, тундровой, таежно-лесной, степной, пустынной и т.д.

Всестороннее и глубокое изучение почвенных ресурсов любой страны необходимо в связи с тем, что они являются национальным богатством и требуют рационального и эффективного использования в хозяйственной деятельности человека. Рассматриваются процессы почвообразования, основные почвы на территории Беларуси и трансформация структуры почвенного покрова на современном этапе в процессе хозяйственной деятельности человека. Дается характеристика земельных ресурсов мира, Беларуси, описываются проблемы охраны почв.

Благодаря лабораторным занятиям студенты в ходе проведения основных анализов почв в лаборатории приобретают навыки изучения состава, свойств почв – одного из важнейших компонентов географической оболочки Земли и биосферы.

ТЕМА 1. СОСТАВ ПОЧВ. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Теоретический материал

1. Фазовый состав почвы.
2. Минералогический состав почвы.
3. Первичные минералы в почве.
4. Вторичные минералы в почве.
5. Гранулометрический состав почв, его влияние на свойства почв и его улучшение.
6. Приуроченность растений к почвам разного гранулометрического состава.

1. Фазовый состав почвы. Почва – сложное гетерогенное тело природы. В ее составе выделяют следующие фазы (части): 1 – твердую, 2 – жидкую, 3 – газовую, 4 – живую. Соотношения их неодинаковые в различных почвах и в различных почвенных горизонтах одной и той же почвы. Считается, что наиболее благоприятные соотношения между твердыми, жидкими и газообразными веществами пахотного горизонта почвы должны быть примерно такими: 50:35:15% от объема почвы. Почвенные фазы находятся между собой в тесном взаимодействии.

Твердая фаза почвы включает минеральную и органическую части. Первая составляет 80-95%, в торфяных почвах – 15-20 %. Источником минеральных веществ являются разнообразные горные породы; первичные и вторичные минералы; источником органических – остатки отмерших растительных и животных организмов, продукты их жизнедеятельности. Эта фаза почвы обеспечивает питание растений, определяет ее водные свойства – влагоемкость, водопроницаемость, поглонительную способность и др.

Жидкая фаза (почвенный раствор) является активным компонентом почвы. С ее помощью осуществляется перемещение веществ внутри почвы, она обеспечивает растения водой и растворимыми элементами питания. Свойства воды изучены не все даже сейчас. Вода относится к наилучшему природному растворителю и имеет нейтральную реакцию. Но включения (примеси) солей, кислот и щелочей изменяют реакцию почвенного раствора в кислую или щелочную сторону. В почве вода бывает в трех состояниях: парообразном (H_2O), жидком (H_2O)₂, твердом (H_2O)₃. Жидкая вода диссоциирует: $2H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$. Отличают следующие формы воды в почве: а) конституционная, когда гидроокисл – ион (OH^-) входит в состав кристаллической решетки и может быть вытеснена только при нагревании минерала до 800°C; б) кристаллизационная – химически связанная, как в соединении $CaCO_3 \cdot H_2O$ и вытесняется при t 200°C; в) пленочная – вода, удерживаемая слабыми сорбционными силами, связь рыхлая с минералом, движется под влиянием сорбционных сил; все указанные выше формы воды (а,б,в) – недоступны для корневой системы растений; г) капиллярная – свободная и доступная растениям, движется по порам диаметром до 8 мм; д) гравитационная – свободная и доступная растениям, движется под влиянием капиллярных и гравитационных сил.

Газовая фаза (почвенный воздух) заполняет поры, не занятые водой. Количество и состав почвенного воздуха непостоянны и определяются множеством химических и биохимических процессов, протекающих в почве. Газовая фаза составляет необходимый почвенной биоте кислород. Без воздуха в порах почвы корневая система не развивается, и растения отмирают. Чем ближе химический состав воздуха почвы к атмосферному, тем лучше условия для развития растений. Воздухопроницаемость почвы зависит не только от объема пор, но и от силы ветра, который выдувает из почвы воздух с повышенным содержанием CO_2 и задувает атмосферный воздух с повышенным количеством O_2 . В почвенном воздухе удерживается больше CO_2 (0,2-10%) и меньше O_2 (19-20%). При количестве O_2 в воздухе почвы около 2,5-5,0 % развивается анаэробный процесс, а при

содержании 1% O_2 рост корней замедляется. Для улучшения воздушного режима почвы ее необходимо чаще рыхлить.

Живая фаза состоит из почвенных микроорганизмов (бактерии, водоросли, грибы и др.), беспозвоночных (простейшие, черви, моллюски), роющих позвоночных, корневых систем растений. Активная роль живых организмов определяет принадлежность ее к биокостным природным телам.

2. Минералогический состав почвы. Твердая фаза составляет основу почвы, которую характеризуют минеральная и органическая части.

Минеральная составляющая почвы – это основа породы, на которой она образовалась. Поэтому минералогический, химический, гранулометрический состав, физические свойства породы передаются почве. Но в ходе взаимодействия элементарных процессов создаются новообразования, которые характерны почвам. Ортштейны, ортзанды, латериты, известняк и другие.

Породы, которые составляют почвы, отличаются по происхождению (генезису): моренные, водно-ледниковые и другие, наиболее богатые породы и почвы по удержанию химических элементов на ледниковых отложениях и наиболее промытые – водно-ледниковые породы. Однако породы могут быть одного происхождения, но разные по гранулометрическому (механическому) составу, и это также влияет на плодородие почвы. Более плодородные – глинистые, менее плодородные – песчаные почвы.

Рыхлые осадочные породы, преобладающие среди почвообразующих пород, являются комплексом разнообразных продуктов выветривания. Поэтому минералогический состав этих пород и почв, формирующихся на них, довольно сложный. В состав почвообразующих пород и почв входят первичные и вторичные минералы.

3. Первичные минералы в почве. Минеральная часть почвы состоит из первичных минералов, которые постепенно разрушаются под влиянием выветривания до более мелких частиц. Вода в присутствии катализатора CO_2 гидролизует первичные минералы и преобразует их во вторичные (глинистые) минералы. Первичные минералы почти полностью сконцентрированы в гранулометрических фракциях размером $>0,001$ мм, вторичные – $<0,001$ мм. Как правило, в почвах первичные минералы преобладают по массе над вторичными минералами.

Наиболее распространенными первичными минералами в породах и почвах являются следующие: кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены и слюды. Кварц и полевые шпаты крупнозернистые, потому что они стойкие к выветриванию минералы. Они сконцентрированы, главным образом, в песчаных и пылеватых частичках. Амфиболы, пироксены, слюды легко поддаются выветриванию, поэтому в рыхлых породах и почвах они содержатся в небольших количествах.

Значение первичных минералов разносторонне. Они обуславливают агрофизические свойства почв, являются резервным источником зольных элементов питания растений, а также источником образования вторичных минералов.

4. Вторичные минералы в почве. Состав распространенных в почвах и породах вторичных минералов небольшой. Среди вторичных минералов встречаются глинистые минералы (монтмориллонит, каолинит, гидрослюда, хлориты и др.), минералы гидрооксидов и оксидов железа и алюминия (гематит, гетит, гидрогелит и др.), минералы простых солей (доломит, галит, кальцит и др.).

Насчитывается несколько десятков глинистых минералов, которые по сходству свойств объединяются в группы. Наиболее распространены в почве следующие группы: монтмориллонитовые, гидрослюдистые и каолинитовые. Строение их слоистое, промежуток между слоями может изменяться при увлажнении или при усыхании. В межпакетный простор входят химические элементы, соединения и задерживаются. Такое явление носит название сорбция (емкость катионного обмена (ЕКО) или емкость поглощения).

Наиболее высокой сорбцией, а значит и удержанием химических элементов, характеризуется монтмориллонитовая группа (100-150 ммоль/100 г) глинистых минералов, а наименьшей – каолинитовая группа (10-20 ммоль/100 г). Гидрофлюидная группа занимает среднее положение (50-70 ммоль/100 г). Чем больше сорбция химических элементов в почве, тем больше плодородие почвы, это значит почва с преобладанием монтмориллонита. Глинистые минералы также гидролизуются, образуя гидрооксиды химических элементов.

Таким образом, вторичные минералы существенно влияют на формирование водно-физических свойств почвы, их поглотительную способность и режим питания растений.

5. Гранулометрический состав почв, его влияние на свойства почв и улучшение. *Гранулометрическим составом почвы* называют относительное (в процентах) содержание в ней твердых частиц различного размера. Эти частички являются отдельными зернами минералов, обломками горных пород, продуктами взаимодействия органических и минеральных веществ – их называют механическими элементами.

Если внимательно рассмотреть образец почвы, то можно увидеть, что она состоит из отдельных частиц – агрегатов, которые в воде распадаются на еще более мелкие элементы. Эти мелкие, разной формы частички и есть механические элементы. Среди них выделяют камни (>3 мм), гравий (3-1мм), песок (1-0,05мм), пыль (0,05-0,001мм), ил (0,001-0,0001мм), коллоиды (< 0,0001мм). Каждая из этих групп частиц имеет определенные водно-физические и физико-механические свойства.

Иловатые частички имеют высокую вязкость, прилипаемость, плохо пропускают воду. Частички *пыли* имеют незначительную прилипаемость и пластичность. Содействуют связыванию воды и питательных элементов, газов легко склеиваются в агрегаты. *Песчаные* частички слабо удерживают питательные элементы. Вода сквозь песок проходит легко и не способствует закреплению в почве зольных элементов. Небольшие по размерам вторичные минералы легко склеиваются гумусовыми веществами, и тем самым улучшают структурообразование. Однако сказанное совсем не означает, что крупные частицы являются ненужным балластом в почве – соотношения между мелкими и крупными частичками должны быть соответствующими и содействовать оптимизации свойств почвы.

Все частички, крупнейшие за 1мм (гравий, камни), называют *скелетом (каркасом)* почвы, а меньше 1мм (ил, пыль, песок) – *мелкоземом*.

В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено наличие в ней физической глины и физического песка. Физической глиной называют все частички, диаметр которых мельче 0,01 мм, а физическим песком – частички размером 0,01-1,00 мм. По гранулометрическому составу почвы подразделяются в зависимости от содержания физической глины на песчаные (0-10%), супесчаные (10-20%), легкосуглинистые (20-30%), среднесуглинистые (30-40%), тяжелосуглинистые (40-50%) и глинистые (>50%). Если физической глины содержится в почве до 5%, такую почву называют рыхлопесчаной, 5-10% – связнопесчаной, 10-15% – рыхлосупесчаной, 15-20% – связносупесчаной, 20-30% – легкосуглинистой, 30-40% – среднесуглинистой, 40-50% – тяжелосуглинистой, 50-65% – легкоглинистой, более 65% – тяжелоглинистой. Частички почвы, которые имеют диаметр менее 0,001 мм, называют *глеем*, а менее 0,0001 мм – *коллоидными частичками*. Они включаются в физическую глину.

Влияние гранулометрического состава на свойства почв. Гранулометрический состав почвы оказывает сильное влияние на ее агрономические свойства.

Песчаные и супесчаные почвы называют легкими. Вода сквозь них быстро просачивается, легко испаряется. Такие почвы имеют мало влаги, но много воздуха. Поверхность их быстро нагревается и остывает. Питательные вещества легко вымываются.

Органические вещества быстро минерализуются. Поэтому, на почвах легкого механического состава необходимо вносить органические удобрения большими дозами, а минеральные – малыми.

Легко- и среднесуглинистые почвы – умеренно тяжелые. Они имеют сравнительно оптимальные физические свойства: хорошо связывают воду, но и достаточно насыщены воздухом. Хорошо окультуриваются. Элементов питания для нормальной жизнедеятельности растений содержат сравнительно достаточно. Их органические остатки быстро разуют гумус.

Тяжелосуглинистые, глинистые почвы – тяжелые. Они слабопроницаемы для воды и воздуха, способны удерживать много влаги, которая в значительной степени может оставаться недоступной для растений. Эти почвы часто переувлажнены, холодные. Кроме того, они сильно уплотнятся и при высыхании на их поверхности образуются трещины. Глинистые почвы содержат значительные количества элементов питания, но растения не всегда могут их использовать.

Таким образом, гранулометрический состав во многом определяет плодородие почвы; от него зависят многие важные физические и физико-химические свойства. Информация о гранулометрическом составе почвы необходима при решении многих практических вопросов. Так, она нужна при определении доз и способов внесения удобрений, извести, сроков и приемов обработки почвы, подбора сельскохозяйственных культур и почвообрабатывающей техники, глубины заделки семян и удобрений, сроков посева и др.

Улучшение гранулометрического состава. Гранулометрический состав почв можно улучшить путем глинования легких и пескования тяжелых.

6. Приуроченность растений к почвам разного гранулометрического состава. В естественных условиях с гранулометрическим составом почвы связано формирование определенных фитоценозов. Так, на песчаных местообитаниях обычно произрастает сосна, вереск, лишайники из рода кладония цетрария; из зеленых мхов – мох Шребера, Дикранум; из разнотравья – бессмертник, ястребинка волосистая, икотник серо-зеленый, эспарцет песчаный, вейники и др. Не выносят песчаных почв ель, дуб, слива, вишня и др.

В агроэкосистемах не все культурные растения одинаково реагируют на гранулометрический состав почвы. На почвах легкого гранулометрического состава неплохо удаются люпины, овес, рожь, картофель – последний на этих почвах дает клубни более высоких вкусовых качеств.

Лабораторная работа № 1

Гранулометрический состав почвы

Цель – определить гранулометрический состав почвы методом отмучивания физической глины и полевым методом – методом раскатывания шнура.

Материалы и оборудование: образцы почвы, электронные весы, колбы, воронки, пробирки, штативы для пробирок, фарфоровые чашки, стеклянные палочки, электрические плитки, керамические плитки, промывалки, щипцы.

Определение гранулометрического состава почвы методом отмучивания основано на разделении песка и глины в воде вследствие различных скоростей падения гранулометрических элементов: крупные частицы в воде оседают значительно быстрее мелких.

Задание 1. Определить гранулометрический состав почвы методом отмучивания физической глины.

Ход работы:

1. Взвесить 10 г почвы.
2. Перенести почву в пробирку (почва в пробирке должна занимать не более 1/4 ее объема).

3. Налить в колбу воду. Из колбы с водой долить в пробирку воды, чтобы она вместе с почвой заняла объем 3/4 пробирки (для удобства взбалтывания).

4. Встряхнуть, поставить пробирку в штатив и дать отстояться в течение 3 мин (за это время крупные частицы песка осядут на дно пробирки, а мелкие глинистые частицы останутся в воде во взвешенном состоянии).

5. Слить воду со взвешенными в ней глинистыми частицами в колбу для слива суспензии (операция «декантации»).

6. Вторично заполнить пробирку водой, взболтать содержимое, дать отстояться в течение 3 мин и вновь слить глинистую часть почвы. Промывать методом декантации до тех пор, пока вода в пробирке не станет прозрачной.

7. Перенести (с помощью воды, используя промывалку), находящуюся в пробирке песчаную фракцию в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и дать отстояться в течение 3 мин.

8. Слить воду из чашки, а остаток с песком просушить на электрической плитке с покрытием при температуре 60-80 °С в течение 10-15 мин.

9. Щипцами перенести чашку с сухим песком на фарфоровую плитку, охладить и взвесить.

10. Определить массу песка в пробе (из массы чашки с сухим песком вычесть массу чашки).

11. Определить массу глины в пробе (из массы образца почвы 10 г вычесть полученную массу песка в пробе).

12. Вычислить процентное содержание физической глины и физического песка в исследуемой пробе почвы.

13. По шкале Н.А. Качинского (таблица 1) определить разновидность почвы по гранулометрическому составу.

14. Полученные данные записать в тетрадь по форме:

Место взятия образца	Масса, г					Песок, %	Глина, %	Разновид- ность почвы
	навески почвы	фарфо- ровой чашки	чашки с песком после вы- сушива- ния	песка в пробе	глины в пробе			

Таблица 1 – Классификация почв по гранулометрическому составу (по Н.А. Качинскому) (подзолистый тип почвообразования)

Название почвы по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц с диаметром <0,01 мм), %
Песок рыхлый	0–5
Песок связный	5–10
Супесь	10–15
Супесь	15–20
Суглинок легкий	20–30
Суглинок средний	30–40
Суглинок тяжелый	40–50
Глина легкая	50–65
Глина средняя	65–80
Глина тяжелая	> 80

Задание 2. Определить гранулометрический состав почв полевым методом – методом раскатывания шнура.

Методические рекомендации:

Определить гранулометрический состав мокрым методом (методом раскатывания шнура): почву поместить в чашку, смочить и размять пальцами до консистенции теста, т.е. до влажности, приблизительно соответствующей нижней границе текучести по Аттербергу (в таком состоянии вода из почвы не отжимается, но почва поблескивает от воды и мажется). Хорошо размятую почву раскатать на ладони в шнур толщиной около 3 мм и свернуть в кольцо диаметром около 3 см. Вид шнура (рисунок 1) и будет показателем гранулометрического состава почвы: глина – шнур легко скатывается и свертывается в кольцо без трещин; тяжелый суглинок – шнур легко скатывается, при свертывании в кольцо дает трещины; средний суглинок – шнур легко образуется, но при свертывании в кольцо распадается; легкий суглинок – шнур распадается на части при раскатывании; супесь – образует зачатки шнура; песок – шнур не образуется.

Результаты определений гранулометрического состава почвы внесите в тетрадь по форме:

№ почвенного образца	Морфологический эффект	Гранулометрический состав
1		
2		
3		
4		
5		

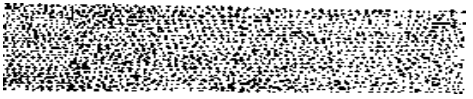
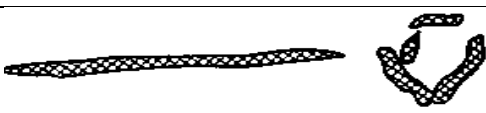
Гранулометрический состав	Морфология образца при испытаниях
Шнур не образуется – песок	
Зачатки шнура – супесь	
Шнур, дробящийся при раскатывании – легкий суглинок	
Шнур сплошной, кольцо, распадающееся при свертывании – средний суглинок	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами – тяжелый суглинок	
Шнур сплошной, кольцо стойкое – глина	

Рисунок 1 – Показатели «мокрого» метода определения гранулометрического состава почвы в полевых условиях (по Н.А. Качинскому)

ТЕМА 2. СТРУКТУРА ПОЧВЫ

Теоретический материал

1. Понятие структуры почвы.
2. Типы структуры почвы.
3. Классификация агрегатов по размерам.
4. Структура почвенных горизонтов.
5. Образование структуры.
6. Разрушение структуры почвы.
7. Сохранение структуры почвы.
8. Значение структуры почвы.

1. Понятие структуры почвы. Частички почвы при склеивании образуют агрегаты, разные по величине и форме, и носят название структурных. Под *структурой почвы* понимают отдельности (агрегаты, комочки) разной величины, формы, на которые она распадается в спелом состоянии при рыхлении. Каждый комочек состоит из гранулометрических элементов, соединенных в макро- и микроагрегаты гумусом, корнями растений и др. Почва может быть структурной и бесструктурной. В последней гранулометрические элементы находятся в раздельночастичном состоянии. Примером бесструктурных почв могут быть песчаные: в них мало глинистых частичек и гумуса. Между структурными и бесструктурными почвами могут встречаться переходные, в которых структура выражена слабо.

2. Типы структуры почвы. В зависимости от формы агрегатов различают три типа структуры – кубовидная, призмовидная, плитовидная (рисунок 2).

Кубовидная структура имеет отдельности, одинаково развитые по трем осям. Подразделяется на роды: глыбистая, комковатая, ореховатая, зернистая, пылеватая.

Призмовидная структура характеризуется преимущественным развитием отдельностей по вертикальной оси. Подразделяется на столбчатую и призматическую.

В плитовидной структуре отдельности развиты в основном по двум горизонтальным осям. Подразделяется на плитчатую и чешуйчатую.

Наиболее распространена структура комковатая (тип кубовидной). Оптимальный размер комков 3-5 мм. Они характерны для черноземных почв. Образование структурных агрегатов происходит под влиянием корневой системы, которая уплотняет частицы почв, гумуса и гидрооксидов железа (они склеивают частички), а кальций и магний цементируют их. Структура почвы не всегда прочная, и ее разрушает техника и соединения натрия (в аридном климате). Указанных химических элементов в почвах Беларуси очень мало, поэтому структурные агрегаты непрочные.

3. Классификация агрегатов по размерам. В зависимости от размеров агрегаты группируются следующим образом. Агрегаты более 10 мм называют глыбами, от 10 до 0,25 мм – макроагрегатами, менее 0,25 мм – микроагрегатами.

В почвенных горизонтах структурные отдельности обычно не бывают одного размера и формы. Часто структура в них смешанная. Например: комковато-зернистая, комковато-пылеватая и др.

4. Структура почвенных горизонтов. Различным почвенным горизонтам свойственна определенная структура. Так, гумусовые горизонты характеризуются комковатой, зернистой (чернозем, дерновая почва) или мелкокомковатой, комковато-порошистой (дерново-подзолистая почва) структурой. Для подзолистых горизонтов свойственна непрочностистая, пластинчатая структура или вообще ее отсутствие. Иллювиальные горизонты чаще имеют призматическую или ореховатую структуру.

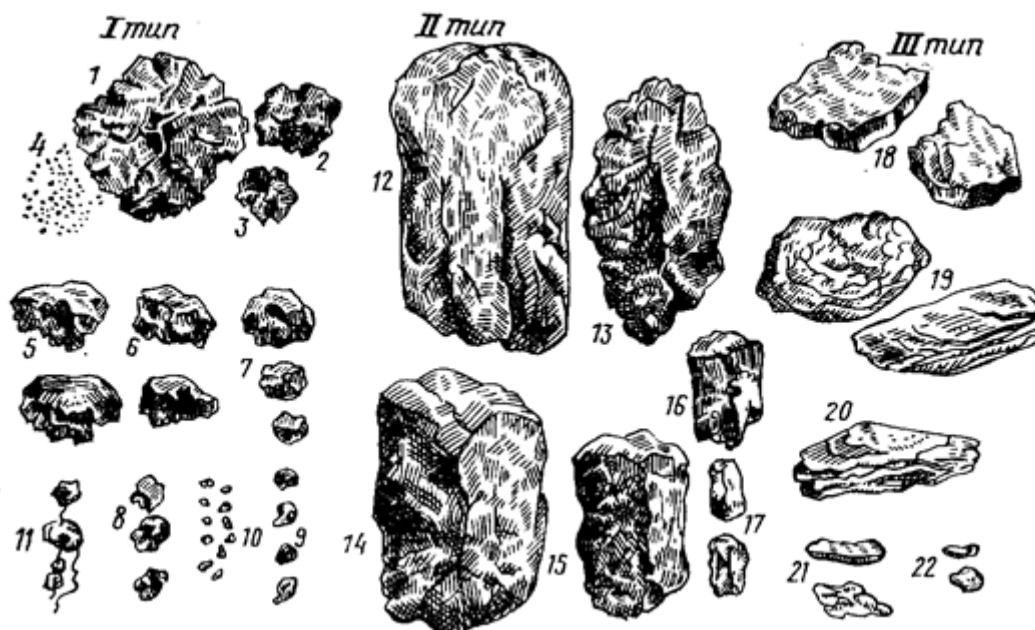


Рисунок 2 – Структура почвы.

Главнейшие виды почвенной структуры (по С.А. Захарову):

- I тип – кубовидная: 1 – крупнокомковатая; 2 – среднекомковатая; 3 – мелкокомковатая; 4 – пылеватая; 5 – крупноореховатая; 6 – ореховатая; 7 – мелкоореховатая; 8 – крупнозернистая; 9 – зернистая; 10 – порошистая; 11 – бусы из зерен почвы; II тип – призмовидная: 12 – столбчатая; 13 – столбовидная; 14 – крупнопризматическая; 15 – призматическая; 16 – мелкопризматическая; 17 – тонкопризматическая; III тип – плитовидная: 18 – сланцевая; 19 – пластинчатая; 20 – листоватая; 21 – грубочешуйчатая; 22 – мелкочешуйчатая.

5. Образование структуры. Образование структуры происходит при наличии давления (от воздействия корневых систем растений, животных, замерзания, высыхания почвы и др.) и клеящего вещества. В качестве последнего выступают коллоиды, главным образом гумусовые. Водопрочная структура образуется в случае коагуляции коллоидов (образование геля) катионами кальция и магния. При такой структуре почва после дождя не заплывает, на ней не образуется корка, затрудняющая поступление кислорода к корням растений.

Следует отметить весьма важную роль дождевых червей в образовании почвенной структуры.

С агрономической точки зрения почва считается структурной, если комковато-зернистые водопрочные агрегаты размером от 10 до 0,25 мм составляют более 55%.

6. Разрушение структуры почвы. Почвенную структуру могут разрушить механические факторы (передвижение по полям техники, животных, град и др.), а также физико-химические процессы, связанные с внесением в почву физиологически кислых удобрений, вытесняющих из почвы катионы кальция и магния.

7. Сохранение структуры почвы. Для образования и сохранения почвенной структуры необходимо систематически и в достаточном количестве вносить органические удобрения, известковать кислые почвы, обрабатывать почву в состоянии физической спелости. Хорошие результаты дают посевы многолетних трав (клевер с тимофеевкой), сидеральных культур.

8. Значение структуры почвы. Плодородная почва – почва структурная. Она легко крошится при вспашке, лучше противостоит водной и ветровой эрозии. В структурной почве хорошо сочетается водный, воздушный и тепловой режим. А это положительно воздействует на развитие биологических процессов, на режим питания растений.

Бесструктурные суглинистые почвы плохо впитывают воду, а ее сток может вызвать эрозию; вода и воздух в таких почвах антагонистичны.

В бесструктурных почвах вода теряется в результате интенсивного капиллярного поднятия, что может привести к пересушиванию почвы, Ухудшению обеспечения растений водой, элементами питания. Для получения хороших урожаев на бесструктурных почвах необходимо постоянно заботиться о высоком уровне агротехники.

Лабораторная работа № 2

Структура почвы

Цель – определить тип, род, вид структуры почвы и оценить структурное состояние почвы по коэффициенту структурности.

Материалы и оборудование: стандартный комплект сит для почвы, электронные весы, фарфоровые чашки диаметром 7-10 см, треугольные пластмассовые кюветы (сосуды плоской формы).

Задание 1. Определить тип, род, вид структуры почвы.

Ход работы:

1. Почвенный образец с ненарушенной структурой (массой 100 г) пропустить через набор лабораторных сит для почвы с диаметром 10; 7; 5; 3; 1; 0,5; 0,25 мм.

2. Содержимое сит взвесить и вычислить процентное содержание каждой фракции по формуле:

$$X = \frac{a}{b} \cdot 100 \%, \text{ где}$$

X – содержание агрегатов определенной фракции, %

a – масса агрегатов определенной фракции, г

b – масса агрегатов всех фракций, г

3. Полученные данные записать в тетрадь по форме

Диаметр фракций, мм	Масса, г	Массовая доля, %
> 10		
10–7		
7–5		
5–3		
3–1		
1–0,5		
0,5–0,25		
< 0,25		

4. Определить тип, род, вид структуры почвы, используя данные таблицы 2.

5. По количеству воздушно-сухих (сухое просеивание) и водопрочных макроагрегатов оптимального размера оцените структурное состояние почвы (по шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина) (таблица 3).

6. По результатам агрегатного анализа вычислить коэффициент структурности (K), под которым понимается отношение количества агрегатов от 0,25 до 10 мм (в %) к суммарному содержанию агрегатов меньше 0,25 мм и больше 10 мм (в %). Оценить структурное состояние почвы по коэффициенту структурности (чем больше K, тем лучше структура почвы).

Таблица 2 – Классификация структурных элементов

Род	Вид	Размеры, мм
Кубовидная		
Глыбистая – неправильная форма и неровная поверхность. Грани и ребра плохо выражены.	Крупноглыбистая	> 100
	Мелкоглыбистая	100–500
Комковатая – неправильная форма; неровные, округлые и шероховатые поверхности.	Крупнокомковатая	50–30
	Комковатая	30–10
	Мелкокомковатая	10–0,5
	Пылеватая	< 0,5
Ореховатая – более или менее правильная форма; поверхность граней сравнительно ровная. Грани и ребра хорошо выражены.	Крупноореховатая	> 10
	Ореховатая	10–7
	Мелкоореховатая	7–5
Зернистая – более или менее правильная форма, иногда округлая с гранями то шероховатыми и матовыми, то гладкими и блестящими.	Крупнозернистая	5–3
	Зернистая	3–1
	Мелкозернистая	1–0,5
Призмовидная		
Грани и ребра плохо выражены. Столбчатовидная – неправильной формы, со слабо выраженными неровными гранями и округлыми ребрами.	Крупностолбчатовидная	> 50
	Столбчатовидная	50–30
	Мелкостолбчатовидная	< 30
Грани и ребра хорошо выражены. Столбчатая – правильной формы, с довольно хорошо выраженными гладкими боковыми вертикальными гранями, с округлым верхним основанием и плоским нижним.	Крупностолбчатая	> 50
	Столбчатая	50–30
	Мелкостолбчатая	< 30
Призматическая – с ровными, часто глянцевитыми поверхностями, с острыми ребрами.	Крупнопризматическая	> 50
	Призматическая	50–30
	Мелкопризматическая	< 30
	Карандашная – при длине от-дельностей > 50 мм	< 10
Плитовидная		
Плитчатая – слюеватая, с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности, часто различно окрашенными и разного характера поверхностями.	Сланцеватая	> 5
	Плитчатая	5–3
	Пластинчатая	3–1
	Листоватая	< 1
Чешуйчатая – со сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми горизонтальными плоскостями спайности и часто острыми ребрами.	Скорлуроватая	> 3
	Грубочешуйчатая	3–1
	Мелкочешуйчатая	< 1

Таблица 3 – Оценка структурного состояния почвы

Содержание агрегатов 0,25–10 мм, % от массы воздушно-сухой почвы		Оценка структурного состояния
сухое просеивание	мокрое просеивание	
> 80	> 70	отличное
80–60	70–55	хорошее
60–40	55–40	удовлетворительное
40–20	40–20	неудовлетворительное
< 20	< 20	плохое

Задание 2. Определить водопрочность почвенных агрегатов.

Ход работы:

1. Из трех крупных фракций отобрать по 10 агрегатов и поместить в треугольные пластмассовые кюветы. Агрегаты каждой фракции расположить на дне кюветы на одинаковом расстоянии друг от друга по трем направлениям (всего 30 агрегатов).

2. Колбу наполнить водопроводной водой на 1/2. Налить воду в чашку с агрегатами слоем примерно 2 см (так, чтобы уровень воды был на 0,5 см выше агрегатов). Оставить на 10 (20) мин.

3. Передвинуть каждый агрегат стеклянной палочкой. Подсчитать число сохранившихся и разрушенных агрегатов.

4. Рассчитать для каждой фракции (A_1 , A_2 , A_3) и в целом для образца почвы А (30 агрегатов) показатель водопрочности почвы по формуле:

$$A = \frac{a}{b} \cdot 100 \%, \text{ где}$$

A – содержание прочных агрегатов, %

a – количество сохранившихся агрегатов (шт.),

b – количество агрегатов, взятых для анализа (шт.).

5. Полученные результаты занесите в таблицу по форме

Диаметр фракций, мм	Количество сохранившихся агрегатов (а), шт	Количество агрегатов, взятых для анализа (в), шт	Показатель водопрочности, %
		10	$A_1 =$
		10	$A_2 =$
		10	$A_3 =$
Образец почвы		30	$A =$

6. Оценить водопрочность (если сохраняется более 50% агрегатов, то структура почвы считается водопрочной) и степень водопрочности почвы (по С.И. Долгову и П.У. Бахтину) таблица 4.

Таблица 4 – Оценка структурного состояния почвы

Степень водопрочности	Содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм, %
отличная	более 70
хорошая	от 70 до 55
удовлетворительная	от 50 до 40
неудовлетворительная	от 40 до 20
бесструктурная	менее 20

ТЕМА 3. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Теоретический материал

1. Общая схема почвообразовательного процесса.
2. Химический состав почв.

1. Общая схема почвообразовательного процесса. Почвообразовательный процесс (почвообразование) – это сложный природный процесс преобразования материнской горной породы в почву, ее становления и эволюции под воздействием комплекса факторов. По своей природе – это биофизико-химический процесс.

Преобразование горной породы в почву происходит в результате одновременно идущих процессов – выветривания и почвообразования. Они тесно связаны между собой,

но обычно первый процесс предшествует. Физическое и химическое выветривание подготавливает породу к почвообразованию – доводят до состояния рыхляка, в котором может содержаться некоторое количество влаги и элементов питания в доступной форме.

Общая схема почвообразования состоит из следующих основных стадий: 1) привнесение химических элементов и соединений с атмосферными осадками, почвенными животными и растениями в почвообразующую породу; 2) элементарные процессы действуют преобразованию, перемещению и аккумуляции химических элементов по профилю почвы и формированию генетических горизонтов; 3) частичный вынос химических элементов за пределы почвенного профиля с участием атмосферных осадков.

1 стадия – привнесение химических элементов и соединений с атмосферными осадками, почвенными животными и растениями в почвообразующую породу.

Почвообразование начинается с поселения на продуктах выветривания горной породы микроорганизмов, растений, животных. Сначала поселяются одноклеточные организмы (фото- и хемосинтезирующие автотрофы), микроскопические водоросли. Они добывают из породы труднодоступные элементы и связывают азот – тем самым создают условия для поселения более сложных растительных организмов. Зеленые растения поглощают из породы необходимые химические элементы, осуществляют фотосинтез и создают органические вещества. Органические остатки отмерших организмов разлагаются микроорганизмами. Из большей части остатков, после их частичного разложения, синтезируется новое стойкое вещество – гумус, а остальная часть полностью минерализуется до конечных продуктов разложения – CO_2 , H_2O , ионы. Гумус постепенно накапливается в верхней части породы, придавая ей темную окраску и новые свойства. Одновременно с образованием гумуса идет и процесс его разложения микроорганизмами.

В результате постоянно идущих процессов синтеза и разложения органического вещества происходит круговорот углерода, азота и элементов зольного питания в системе почва – растение – почва. Его обычно называют малым или биологическим круговоротом веществ. Благодаря биологическому круговороту в верхних слоях почвы накапливаются элементы питания растений N, K, P, Ca, S, и др. В результате порода приобретает качественно новое свойство – плодородие.

Вместе с малым круговоротом веществ в природе имеет место и так называемый большой, или геологический, круговорот веществ. С ним связан процесс выноса из почвы взмученных и растворенных веществ в ручьи, реки, моря, океаны с образованием на дне водоема осадочных пород.

В результате геологических изменений земной коры они вновь могут выйти на дневную поверхность и попасть под влияние континентального выветривания. Очевидно, что для поддержания плодородия почвы необходимо стремиться содействовать проявлению биологического круговорота веществ и ограничивать геологический.

Отличительной чертой почвообразовательного процесса является синтез минеральных соединений – глинистых минералов, солей под воздействием организмов, продуктов их распада, атмосферных факторов. Одновременно идут и процессы разрушения минералов. В итоге минералогический состав почвы может существенно отличаться от минералогического состава материнской породы.

2 стадия – преобразование, перемещение и аккумуляция химических элементов по профилю почвы и формирование генетических горизонтов.

Почвообразование сопровождается взаимодействием минеральных и органических веществ с образованием сложной системы органоминеральных соединений.

Характерная черта почвообразовательного процесса – перераспределение части минеральных и органических веществ по вертикальному профилю с помощью воды и корневых систем растений и возникновение генетических горизонтов.

В начальной фазе образования почвы возникают фрагментарные почвенные горизонты. В период зрелой фазы формируется почвенный профиль и устанавливаются показатели состава и свойств почв.

3 стадия – частичный вынос химических элементов за пределы почвенного профиля с участием атмосферных осадков. Эта стадия начинается, когда почва уже сформирована (наличие почвенного профиля, определенного состава и свойств почвы).

В результате общей схемы почвообразования формируется новая регулирующая, открытая биокосная система, для которой характерны циклический и поступательный характер почвообразования. Скорость почвообразования зависит от величины используемых энергетических ресурсов. Поэтому почвообразование во влажных экваториальных лесах в девять раз происходит быстрее, чем в зоне тундры. Использование энергии на почвообразование в тундре составляет 8 МДж/см² почвообразования в год, а в тропиках – 240-280 МДж/см² в год. Соотношение энергии, используемой на процессы, следующие: 100 частей идет на испарение, одна часть – на биохимические процессы, 0,01 части – на выветривание.

Изменчивость в пространстве и во времени факторов почвообразования, а значит и процессов, которые имели место в прошлом и действуют в настоящее время, обуславливает закономерности географического распространения почв на земной поверхности, их развитие, эволюцию.

При изменении экологических условий (климат, растительность и др.) почва вступает в фазу эволюционного развития – в ней возникают новые признаки и свойства, соответствующие изменившимся экологическим факторам.

2. Химический состав почв. Минералогический состав почвы определяет химический состав минеральной части.

Под *химическим составом* обычно понимают элементный состав минеральной части почвы, а также содержание в ней гумуса, азота, углекислого газа и химически связанной воды. В состав почвы входят почти все известные химические элементы. При изучении полного валового состава почвы в ней определяют: Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, S, P, Ti и Mn.

Наиболее распространенными в почве являются следующие элементы: кислород (49 %), кремний (33 %), алюминий (7,13%), железо (3,80 %), углерод (2,0 %), кальций (1,37 %), калий (1,36 %), натрий (0,63 %), магний (0,63%), азот (0,10%).

Элементы, которые растения потребляют в большом количестве – макроэлементы: азот (N), фосфор (P), калий (K). Макроэлементы жизненно необходимы растениям для роста и развития.

Элементы, которые необходимы растениям в среднем количестве – мезоэлементы: кальций (Ca), магний (Mg), натрий (Na), сера (S), хлор (Cl), железо (Fe).

Элементы, которые растения потребляют в незначительном количестве – микроэлементы: бор (B), медь (Cu), йод (I), марганец (Mn), молибден (Mo), кобальт (Co), цинк (Zn), фтор (F) и др. В почве их содержание невысокое (10^{-2} - 10^{-5} %), но они играют важную биологическую роль.

По валовому химическому составу можно судить о направлении процессов почвообразования. Так, например, накопление кремнезема в верхних горизонтах, а железа и алюминия в средней части профиля свидетельствует о разрушении алюмосиликатов и выносе из верхних горизонтов подвижных продуктов разрушения.

Формы нахождения химических элементов в почве могут быть иными – в составе минералов, органического вещества, в форме гидроксидов и оксидов, солей, в составе почвенных коллоидов и др., а значит, доступность их растениям разная. Поэтому часто важно определить не валовое содержание элемента в почве, а его доступные растениям количества. С этой целью используют различные растворители (растворы солей слабых

кислот, щелочей), в вытяжках которых и определяют содержание элементов питания растений. Таким образом, химический состав почвы можно рассматривать как показатель экологического состояния почвы. Часто это состояние оказывается неудовлетворительным с точки зрения минерального питания растений, земледелец оптимизирует эту экологическую функцию почвы с помощью внесения удобрений.

Культурные растения по-разному реагируют на один и тот же уровень содержания в почве доступных (легкорастворимых) элементов питания. Так, наиболее требовательными к пищевому режиму почвы являются овощные и плодово-ягодные культуры, менее требовательны яровые зерновые, лен, травы, промежуточное положение занимают пропашные – картофель, кукуруза.

Таким образом, химический состав почвы можно рассматривать как показатель экологического состояния почвы. Часто это состояние оказывается неудовлетворительным с точки зрения минерального питания растений, земледелец оптимизирует эту экологическую функцию почвы с помощью внесения удобрений.

Лабораторная работа № 3

Химический состав почв

Задание 1. Определить содержание в почве доступного фосфора по методу А.Т. Кирсанова и сделать вывод об обеспеченности растений фосфором.

Цель – определить содержание в почве подвижного фосфора и сделать вывод об обеспеченности им растений.

Материалы и оборудование: электронные весы, образцы почв, пробирки, штативы для пробирок, пипетки, колбы 100 см³, воронки, фильтры, оловянные палочки, шкала образцовых растворов фосфата кальция.

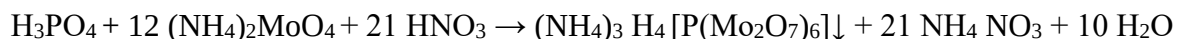
Реактивы: 0,2 М раствор соляной кислоты HCl, 0,1 М раствор соляной кислоты HCl, раствор молибдата аммония ((NH₄)₂MoO₄).

Ход работы:

1. Отвесить на весах 5 г почвы и поместить ее в коническую колбу вместимостью 100 см³.
2. В колбу прилить мерным цилиндром 25 см³ 0,2 М раствора HCl.
3. Содержимое колбы взболтать в течение 1 мин.
4. Отстаивать содержимое колбы в течение 15 мин, после чего вновь тщательно взболтать и отфильтровать в другую колбу.

5. Поместить в чистую пробирку 5 см³ прозрачного фильтрата с помощью пипетки и прилить пипеткой 5 см³ раствора молибдата аммония ((NH₄)₂MoO₄) (реактив В).

Пример реакции с молибдатом аммония на ионы фосфорных кислот. Фосфат-ионы образуют с (NH₄)₂MoO₄ в присутствии азотной кислоты желтый кристаллический осадок фосфомолибдата аммония:



6. Оловянной палочкой перемешать содержимое пробирки в течение 20-30 с до получения постоянной голубой окраски. После этого палочку ополоснуть в стакане с дистиллированной водой и вытереть фильтровальной бумагой.

7. Сравнить окраску испытуемого раствора с окраской растворов стандартной шкалы, где содержание фосфора известно и установить номер пробирки, с которой совпал цвет испытуемого раствора. Установить количество P₂O₅ в пересчете на 100 г почвы по форме:

№ пробирок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P ₂ O ₅ (мг на 100 г почвы)	1,25	2,5	3,75	5,0	6,25	7,5	8,75	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0

8. Пользуясь таблицей 5, сделать вывод об обеспеченности почвы доступными для растений фосфатами при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

Таблица 5 – Обеспеченность почв доступными для растений фосфатами (в мг P₂O₅ на 100 г почвы)

Обеспеченность фосфатами	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	< 8	< 15	< 20
Средняя	8–15	15–20	20–30
Высокая	>15	> 20	> 30

9. На основании полученных данных оцените степень нуждаемости растений в фосфорных удобрениях. Чем меньше содержится в почве доступных фосфатов, тем выше потребность растений в фосфорных удобрениях (таблица 6).

Таблица 6 – Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором (P₂O₅)

Содержание P ₂ O ₅ на 100 г почвы, мг	Степень нуждаемости в фосфорных удобрениях
меньше 7	сильная нуждаемость (большая эффективность фосфорных удобрений)
от 7,5 до 20	средняя нуждаемость в фосфорных удобрениях
больше 20	Почва не нуждается в фосфорных удобрениях (слабая эффективность фосфатов, т.е. много доступной для растений P ₂ O ₅)

Задание 2. Определить в почве содержание подвижных форм калия по методу Я.В. Пейве (K₂O мг/100 г) и сделать вывод об обеспеченности калием растений.

Цель – определить содержание в почве подвижного калия и сделать вывод об обеспеченности им растений.

Материалы и оборудование: электронные весы, образцы почв, пробирки, градуированные по 5 см³, штативы для пробирок, мерные стаканы, пипетки, колбы 250 см³, воронки, фильтры, термометр, ротатор.

Реактивы: 1 М раствор NaCl, кобальтнитрит натрия (Na₃Co(NO₂)₆).

Ход работы:

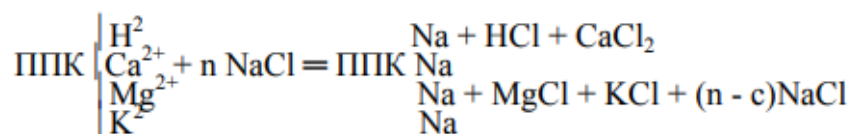
1. Отвесить на электронных весах 25 г почвы и поместить в колбу вместимостью 250 см³.

2. Прилить в колбу 50 см³ 1М раствора NaCl.

3. Взболтать содержимое колбы на ротаторе в течение 5 мин.

4. Содержание колбы отфильтровать.

Путем обработки почвы одномолярным раствором хлористого натрия производится вытеснение поглощенного и водорастворимого калия по уравнению:

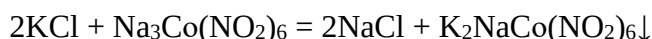


Заготовить штатив с десятью пробирками, градуированными по 5 см³, пронумеровать их. Если таких пробирок нет, то использовать обычные пробирки и градуированную пипетку с делениями 0,1 мм.

5. Отмерить градуированной пипеткой в каждую пробирку прозрачный фильтрат в определенном количестве и долить все пробирки до 5 мл, за исключением первой, используя для этого 1 М раствор NaCl.

Растворы	Номер пробирки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем фильтрующий, см ³ (рабочий p-p)	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,0
Объем 1 М раствора NaCl, см ³	0,0	1,0	2,0	2,5	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	5,0

Определение перешедшего в вытяжку калия осуществляется при помощи сухой соли кобальтнитрита натрия, с которым растворимые соли калия образуют осадок, по уравнению:



6. Добавить в каждую пробирку 0,1 г кобальтнитрита натрия, перемешать встряхиванием.

7. В десятую пробирку вставляется термометр для измерения температуры исследуемого раствора. Отметить и записать температуру раствора.

8. Отстаивать раствор 30 мин. Затем проследить (у окна или лампы) за выпадением осадка и образованием мути.

Отмечается первая пробирка в ряду, в которой нет никакой мути. Раствор в этой пробирке имеет предельную концентрацию, при которой не может быть выпадения осадка в данных условиях.

9. По таблице 7 определить содержание подвижного калия в мг на 100 г почвы.

Таблица 7 – Определение содержание подвижного калия (K₂O) в почве

Темпе- ра- тура, °C	Содер- жание K ₂ O, мг/л	№ пробирки и объем вытяжки, см ³								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
		Количество K ₂ O (мг на 100 г почвы)								
24	24	4,8	6,0	8,0	9,6	12,0	13,5	15,8	20,0	24,0
23	23	5,7	4,6	7,7	9,2	11,5	12,8	15,2	19,1	23,0
22	22	4,4	5,5	7,3	8,8	11,0	12,2	14,6	18,3	22,0
21	21	4,2	5,25	7,0	8,4	10,5	11,8	14,0	17,5	21,0
20	20	4,0	5,0	6,7	8,0	10,0	11,1	13,3	16,7	20,0
19	19	3,8	4,75	6,3	7,6	9,5	10,5	12,6	15,8	19,0
18	18	3,6	4,5	6,0	7,2	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0
17	17	3,4	4,25	5,6	6,7	8,5	9,4	11,3	14,4	17,0
16	16	3,2	4,0	5,3	6,4	8,0	8,9	10,7	13,3	16,0
15	15	3,0	3,7	5,0	6,0	7,5	8,3	10,0	12,5	15,5
14	14	2,8	3,5	4,7	5,6	7,0	7,8	9,3	11,7	14,0
13	13	2,6	3,25	4,3	5,2	6,5	7,2	8,6	10,8	13,0
12	12	2,4	3,0	4,0	4,8	6,0	6,7	8,0	10,0	12,0

Если в испытуемом образце калия много (осадок образуется и в 9-й пробирке), то надо определение повторить, предварительно разбавив вытяжку и приняв во внимание это разбавление при расчете.

9. Оценить обеспеченность почвы калием. При оценке обеспеченности почвы калием исходят из следующего: высокая обеспеченность – > 20 мг K₂O на 100 г почвы; средняя обеспеченность – 20-10 мг K₂O на 100 г почвы; низкая обеспеченность – < 10 мг K₂O на 100 г почвы. Пользуясь таблицей 8 сделать вывод об обеспеченности почвы калием при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

Таблица 8 – Обеспеченность почв обменным калием (K₂O мг/100 г)

Обеспеченность	Зерновые, лен, травы	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	< 3	< 7	< 10
Низкая	3–7	7–10	10–15
Средняя	7–10	10–15	15–20
Высокая	>10	> 15	> 20

ТЕМА 4. ГУМУС ПОЧВЫ

Теоретический материал

1. Роль микроорганизмов, зеленых растений, животных в почвообразовании.
2. Органическое вещество почвы, его форма, состав.
3. Почвенный гумус, понятие, образование, состав, значение.

1. Роль микроорганизмов, зеленых растений, животных в почвообразовании.

Биологический фактор является ведущим в процессе почвообразования. Его развитие стало возможно только после возникновения жизни. Без жизни не было бы почвы. Почвообразование на Земле началось только после появления жизни. Любая горная порода, как бы глубоко разложена и выветрена она ни была, еще не будет почвой. Только длительное взаимодействие материнских пород с растительными и животными организмами в определенных климатических условиях создает специфические качества, отличающие почву от горных пород.

В почвообразовании участвуют следующие группы организмов: микроорганизмы, зеленые растения и животные. Действуя совокупно, они образуют сложные биоценозы. Вместе с тем каждая из этих групп выполняет специфические функции.

Благодаря деятельности **микроорганизмов** происходит разложение органических остатков и синтез содержащихся в них элементов в соединения, поглощаемые растениями. К микроорганизмам относятся бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли и простейшие. Их количество в 1 г почвы колеблется от миллионов до миллиардов особей. Масса микроорганизмов составляет от 3 до 8 т/га, или около 1-2 т/га сухого вещества. Особенно много микроорганизмов в верхних горизонтах почвы, в прикорневой зоне. Микроорганизмы – пионеры почвообразования, они первыми поселяются на материнской породе.

Бактерии – самая распространенная группа микроорганизмов в почве. Осуществляют разнообразные процессы преобразования органических и минеральных соединений. Благодаря их деятельности осуществляется грандиозный процесс переработки колоссального количества мертвого органического вещества, которое ежегодно поступает в почву. При этом происходит высвобождение химических элементов, которые были прочно связаны с органическим веществом.

Большое значение имеет деятельность гетеротрофов, которые обуславливают процесс аммонификации – разложение органического вещества с образованием аммонийных форм азота. Полезной является и нитрификация – деятельность автотрофных аэробных бактерий, окисляющих аммонийный азот сначала до азотистой, а потом до азотной кислоты. В результате этого растения получают такой необходимый им элемент питания, как азот. За один год деятельности нитрифицирующих бактерий может образоваться до 300 кг солей азотной кислоты на 1 га почвы. Вместе с тем в почве с недостатком кислорода может происходить денитрификация – восстановление нитратов почвы до молекулярного азота, что ведет к потере его почвой.

Определенные группы бактерий способны поглощать молекулярный азот воздуха и переводить его в белковую форму. Этой способностью владеют свободноживущие в почве и клубеньковые бактерии, которые живут в симбиозе с бобовыми растениями. После смерти азотфиксирующих бактерий почва обогащается биологическим азотом – до 200 кг/га.

С помощью бактерий осуществляются процессы окисления различных веществ. Так, серобактерии окисляют сероводород до серной кислоты – в результате в почве за год накапливается до 200 кг/га сульфатов. Большая группа железобактерий для поглощения углерода использует энергию окисления закисного железа.

Актиномицеты, или *лучистые грибы*, разлагают клетчатку, лигнин, перегнойные вещества почвы, участвуют в образовании гумуса.

Грибы. Содержание их измеряется десятками тысяч экземпляров в одном грамме почвы. Наиболее распространены плесневые грибы, а в лесных почвах – гриб-мукор. Грибы разлагают лигнин, клетчатку, белки, дубильные вещества. При этом образуются органические кислоты, способные преобразовать почвенные минералы. Часто грибы вступают в симбиоз с зелеными растениями, образуя при этом на корнях микоризу, улучшающую азотное питание растений.

Водоросли развиваются на поверхности почвы. Максимальное количество их наблюдается во влажные периоды. В лесных почвах преобладают диатомовые, сине-зеленые водоросли. Они обогащают почву органическим веществом, активно участвуют в выветривании горных пород.

Лишайники – сложное симбиотическое образование гриба и водоросли. Встречаются повсюду – на почве, на деревьях, голых скалах. Разрушают породы, воздействуя на них механически и химически. Органические остатки лишайников и минеральные зерна горной породы являются по существу примитивной почвой для поселения на ней высших организмов.

Высшие растения. Зеленым растениям принадлежит главная роль в почвообразовании. На суше ежегодно образуется $15 \cdot 10^{10}$ т биомассы, синтезируемой зелеными растениями за счет фотосинтеза.

Биомасса – общее количество живого органического вещества растительного сообщества. Наибольшая биомасса в лесных сообществах – 1-4 тыс. ц/га. Травянистые сообщества образуют меньшую биомассу. Луговые степи – 250 ц/га, сухие степи – 100 ц/га, пустыни – 43 ц/га. Часть биомассы в виде корневых остатков и наземного опада возвращается в почву. Ежегодно поступает в почву (опад, корни): таежный лес – 4-6 т/га, луговые степи – около 14 т/га, агрофитоценоз – 3-8 т/га. Растения в процессе своей жизнедеятельности синтезируют органическое вещество и определенным образом распределяют его в почве в виде корневой массы, а после отмирания надземной части – в виде растительного опада. Составные части опада после минерализации поступают в почву, способствуя накоплению перегноя и приобретению характерной темной окраски верхнего горизонта почвы. Кроме того, растения аккумулируют отдельные химические элементы, в небольшом количестве содержащиеся в почвообразующих породах, но необходимые для нормальной жизнедеятельности растений. После отмирания растений и разложения их остатков эти химические элементы остаются в почве, постепенно ее обогащая.

Вторая важная функция зеленых растений – концентрация зольных элементов и азота. До 95 % массы сухого вещества растений приходится на углерод, кислород, водород и азот. Кроме того, в растениях накапливаются так называемые зольные элементы (около 5 %) – кальций, магний, калий, натрий, сера, хлор и др. – около 70 химических элементов. Многие химические элементы накапливаются в почве (в составе органических веществ) за счет биогенной аккумуляции. Установлено, что бобовые растения в своем составе больше накапливают кальция, магния, азота; злаки – фосфора, кремнезема, т.е. имеет место избирательность в поглощении химических элементов.

Лесной опад хвойных пород, разлагаясь, образует много фульвокислот, что способствует развитию подзолистого процесса почвообразования. Под луговой травянистой растительностью развивается дерновый процесс почвообразования. Мхи выделяются высокой влагоемкостью и поэтому способствуют заболачиванию почв.

Высшие растения и микроорганизмы образуют определенные комплексы, под воздействием которых формируются различные типы почв. Каждой растительной формации соответствует определенный тип почв. Например, под растительной формацией хвойных лесов никогда не сформируется чернозем, который образуется под воздействием лугово-степной травянистой формации.

Животные организмы (насекомые, дождевые черви, мелкие позвоночные и др.), обитающие в почве, также участвуют в почвообразовании. Их в почве огромное количество. Их основная роль – преобразование органического вещества почвы. Важна и роющая деятельность почвенных животных.

Зоомасса на Земле меньше фитомассы и составляет несколько миллиардов тонн. Наибольшую зоомассу имеют широколиственные леса – 600-2000 кг/га, в тундре – 90 кг/га.

Дождевые черви – наиболее распространенная группа почвенных животных – на одном гектаре их тысячи-миллионы особей. Они составляют 90 % зоомассы в таежных и лиственных лесах. За год перерабатывают на 1 га 50-380 т почвы. При этом улучшается структура почвы, ее пористость, физические свойства. Ч. Дарвин установил, что в условиях Англии на каждом гектаре черви ежегодно пропускают через свой организм 20-26 т почвы. Ч. Дарвин считал, что почва есть результат деятельности животных, и даже рекомендовал ее именовать животным слоем.

Почвенные *насекомые* разрыхляют почву, перерабатывают растительные остатки, обогащают почву растительным веществом, элементами минерального питания.

Землерои (суслики, кроты, мыши и др.) перерывают почву, создают в почве норы, перемешивают почву, тем самым способствуют лучшей аэрации и быстрейшему развитию почвообразовательного процесса, а также обогащают органическую массу почвы продуктами своей жизнедеятельности, изменяют ее состав.

2. Органическое вещество почвы, его форма, состав. Органическое вещество почвы представляет собой важнейшее звено обмена веществ и энергии между живой и неживой природой. Это комплекс органических соединений, входящих в состав почвы. Представлены в основном гумусом (на 80-90%); неспецифическими для почвы углеводами; жирами, белками, а также остатками растений, животных.

Запасы органического вещества в метровом слое различных типов почв колеблются от 8 до 760 т/га. В дерново-подзолистых почвах (пашня) эти запасы достигают 90-100 т/га, в торфяниках – 760 т/га. Основным источником органического вещества в почве являются остатки зеленых растений. В условиях хвойного леса в почву ежегодно поступает в виде опада и отмерших корней около 4-6 т сухого вещества на 1 га. В агроэкосистемах в почву поступает растительных остатков в год от 2-3 т (пропашные культуры) до 7-9 т сухого вещества на 1 га (многолетние травы).

Масса микроорганизмов, ежегодно отмирающих в почве, составляет около 0,6-0,8 т сухого вещества на 1 га. Количество остатков животного происхождения – 0,1-0,2 т сухого вещества на 1 га почвы.

Различают следующие формы нахождения органического вещества в почве.

1. Неразложившиеся или слаборазложившиеся остатки преимущественно растительного происхождения, буроокрашенные. Образуют лесную подстилку, степной войлок, торфяные горизонты. Это так называемый грубый гумус, или мор.

2. Остатки в стадии глубокого разложения, образующие рыхлую темно-бурую или черную массу, под микроскопом – полуразложившиеся остатки. Эта форма получила название модер (труха).

3. Специфические органические образования, представляющие собой собственно гумус, составляющие 85-90% от органического вещества почвы. Это – муллевая форма.

Состав органических остатков, поступающих в почву, довольно сложный. Основную массу их представляют углеводы – сахароза, фруктоза, глюкоза, крахмал, клетчатка. Вместе с органическими веществами в почву поступают азотсодержащие соединения – аминокислоты, белки, алкалоиды, а также лигнин, дубильные вещества, смолы, органические кислоты (щавелевая, лимонная, винная).

Элементный состав органического вещества, поступающего в почву, характеризуется тем, что оно примерно на 5% (в пересчете на сухое вещество) представлено углеродом, водородом, азотом; остальные 5% – многочисленная группа зольных элементов – кальций, магний, калий, натрий, кремний, фосфор, железо, сера, а также микроэлементы – медь, бор, марганец, цинк и др.).

По содержанию зольных элементов органические остатки различных растительных формаций могут существенно отличаться, что соответствующим образом влияет на ход почвообразовательного процесса. Почвы, образовавшиеся под травянистой луговой растительностью, содержат больше зольных элементов по сравнению с почвами, сформированными под лесом.

Органические остатки, поступившие в почву, подвергаются различным биохимическим и физико-химическим преобразованиям. Под влиянием ферментов, выделяемых микроорганизмами, изменяется анатомическое строение остатков, а сложные органические соединения распадаются на более простые – их называют промежуточными продуктами преобразования органических остатков.

В результате гидролиза белков образуются пептоны, пептиды, и свободные аминокислоты. При гидролизе сложных белков вместе с кислотами образуются углеводы, фосфорная кислота, азотсодержащие гетероциклические основы.

Разложение жиров сопровождается образованием лигнина и жирных кислот. Продуктами распада лигнина являются фенолы.

Много промежуточных соединений образуется при разложении углеводов – моносахариды, органические кислоты, альдегиды и др.

Спектр промежуточных продуктов преобразования органических веществ, как видно, довольно разнообразный. Большая их часть окисляется до конечных продуктов – углекислого газа, воды, простых солей. А промежуточные продукты преобразования используются гетеротрофными бактериями для питания и построения плазмы и таким образом вновь образуются в сложные соединения – белки, углеводы и другие. И наконец, часть пропромежуточных продуктов участвует в синтезе гумусовых веществ.

Процесс синтеза этих веществ протекает в условиях биокатализа, действия ферментов, выделяемых микроорганизмами. Сущность этого процесса сводится к тому, что промежуточные продукты разложения органического вещества, попадая под воздействием реакций биохимического окисления, поликонденсации, полимеризации, дают качественно новые органические соединения, которые называют гумусовыми, или перегнойными, а процесс их образования – *гумификацией*.

3. Почвенный гумус, понятие, образование, состав, значение. Обычно под **гумусом** (от лат. *humus* – земля, почва) понимают группу темноокрашенных высокомолекулярных азотсодержащих органических веществ кислотной природы, большая часть которых – коллоиды. Собственно гумусовые вещества составляют 85-90% общего количества органических соединений почвы.

Наибольшее количество и качество гумуса дает травянистая растительность и ее корневая система. В образовании гумуса принимают участие простейшие животные почв и микроорганизмы, которые разрушают сложные органические вещества. Такой процесс называют *биохимическим*. В результате образуются две основные группы соединений:

неспецифичный гумус (лигнин, целлюлоза, воски, смолы и др. полуразрушенные соединения) и специфический гумус (гуминовые и фульвокислоты, гумин). Специфический гумус выделяют щелочным реагентом. Та часть гумусовых веществ, которая не экстрагируется щелочью, называется *гумином*; экстрагируется щелочью и осаждаемая при окислении – *гуминовой кислотой*, а оставшаяся в растворе фракция – *фульвокислотой*. Строение гумуса очень сложное и не совсем выясненное. Фульвокислота наиболее подвижная, более агрессивная со светло-коричневым цветом. На Полесье она попадает в колодцы и создает в питьевой воде коричневый цвет. Лучший гумус тот, в котором преобладает гумин с гуминовой кислотой, как в наших дерновых почвах или в черноземных ($Cr:Cf > 1$). В большинстве почв суши преобладает фульватный состав гумуса. Наибольшее количество доброкачественного гумуса имеют черноземы (4-15%). Поэтому эти почвы самые плодородные.

Гумус в почве частично соединяется с глеем и коллоидными частичками, создавая органоминеральные соединения (*хелаты*). Они полезны тем, что замедляют минерализацию гумуса (создание золы – оксидов химических соединений), увеличивают содержание ценных элементов питания в доступной форме для растений и не дают возможность выносить удобрения в реки и озера.

В состав гумусовых включают и вещества исходных органических остатков (белки, углеводы, смолы и др.), *промежуточные продукты преобразования органических остатков* (аминокислоты, моносахариды, полифенолы и др.).

В составе гумусовых веществ выделяют *гумины* – прочно связанный с минеральной частью почвы комплекс гумусовых кислот.

Установлено, что благоприятствует накоплению гумуса сочетание аэробных и анаэробных условий с чередованием периода достаточного и недостаточного увлажнения.

В зависимости от отношения к различным растворителям выделяют следующие компоненты гумуса: фульвокислоты и гуминовые кислоты.

Гуминовые кислоты – специфические органические кислоты почвенного гумуса. Хорошо растворяются в щелочных растворах, слабо в воде и не растворяются в кислотах. Раствор гуминовых кислот имеет бурый или черный цвет. Состоят в основном из углерода (52-62%), кислорода (31-39%), водорода (2,8-6,6%), азота (2-6%) и небольшого количества зольных элементов – фосфора, серы, железа, алюминия, кремния и др.

При взаимодействии с минеральной частью гуминовые кислоты образуют *гуматы*. Гуматы одновалентных катионов (K^+ , Na^+ , NH^+) хорошо растворяются в воде и легко переходят в состояние коллоидных и истинных растворов, могут вымываться из верхних горизонтов почвы. Клеящая способность этих гуматов низкая. Почвы, содержащие гуматы одновалентных катионов, не имеют водопрочной структуры – при увлажнении набухают и заплывают.

Гуматы двух- и трехвалентных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) образуют устойчивые водопрочные гели, способные обволакивать минеральные частички почвы и склеивать их в прочные агрегаты. Именно поэтому дерновые почвы характеризуются водопрочной структурой. Молекула гуминовых кислот имеет сложное строение. Ядро молекулы включает бензолполикарбоновые кислоты, ароматические и гетероциклические кольца. Периферические части гумусовых веществ содержат разные функциональные группы (карбокисильные, аминогруппы, спиртовые и др.), определяющие разнообразные химические свойства и взаимодействие групповых соединений между собой, а также с минеральными компонентами почвы и удобрений.

В составе гумуса важное значение имеет соотношение между содержанием гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК). Оно считается благоприятным при $ГК/ФК > 1$.

Велико значение гумуса в почвообразовании и формировании плодородия почв. Влияния гумусовых веществ на эти процессы разнообразное и весьма существенное.

При участии гумуса образуются многие почвенные горизонты – A₁, A₂, B и др., формируется структура почвы и ее водно-воздушные свойства. Гумус повышает поглотельную способность почв, расширяет буферные возможности.

В гумусе накапливаются многочисленные элементы питания растений – N, P, S, K, Ca, микроэлементы, которые высвобождаются при разложении его гетеротрофами. Процессы разложения гумусовых веществ сопровождаются выделением углекислого газа, необходимого зеленым растениям для фотосинтеза.

Кроме того, гумус является источником биологически активных веществ в почве (ферменты, витамины, ростовые вещества), положительно влияющих на рост и развитие растений, мобилизацию элементов.

Гумус выполняет и санитарно-охранную функцию: ускоряет разложение пестицидов, закрепляет загрязняющие вещества (сорбция, образование комплексов) и тем самым снижает их поступление в растения.

Гуминовые кислоты имеют высокую поглотельную способность – 200-600 ммоль на 100 г вещества, их pH около 3,4.

Фульвокислоты (от лат. fulvus – желтый) имеют принципиально такое же строение, как и гуминовые, но ядро их менее конденсировано, они меньше содержат углерода, а кислорода и водорода – больше. Окраска от соломисто-желтой до оранжевой. Фульвокислоты, их соли – *фульваты* хорошо растворяются в воде, кислотах, щелочах. Их водные растворы имеют кислую реакцию – pH 2,6-2,8. Поэтому фульвокислоты энергично разрушают почвообразующие породы, содействуют выносу из них многих химических элементов. Это особенно резко проявляется при подзолообразовании.

Таким образом, гуминовые и фульвокислоты существенно отличаются своими свойствами. Гуминовые кислоты способны накапливаться в почве и формировать ее плодородие. Фульвокислоты активно разрушают минеральную часть почвы и снижают тем самым ее плодородие. Поэтому важно знать не только общее количество гумуса в почве, но и его качественный (групповой) состав – соотношение в нем гуминовых и фульвокислот и является важным показателем их агрохимической оценки.

Количество гумуса, его качество (Гк/Фк), мощность гумусового горизонта в почвах различных географических зон неодинаково. Так, большее содержание гумуса в верхнем горизонте (10-14%) и наибольшая его мощность (70-80 см) характерна для типичных черноземов. На север и на юг от зоны черноземов количество гумуса и мощность гумусового горизонта уменьшается. В северном направлении – 3-6% в серых лесных почвах и 1-3% в дерново-подзолистых почвах при мощности гумусового горизонта соответственно 25-30 см и 15-20 см. На юг – 3-5% в каштановых почвах и 1-2% в бурых почвах при мощности гумусового горизонта соответственно 20-40 см и 10-15 см.

Зональные типы почв отличаются и качеством гумуса. Так, в составе гумуса дерново-подзолистых почв преобладают фульвокислоты (соотношение гуминовых и фульвокислот 0,6-0,8), а в черноземах, каштановых почвах это соотношение равно 1,5-2,5, что говорит о явном преобладании в составе гумуса гуминовых кислот.

Большое влияние на гумификацию оказывает гранулометрический состав. Так, дерново-подзолистые песчаные почвы содержат гумуса (1,0-1,5%) значительно меньше по сравнению с дерново-подзолистыми суглинистыми (2-3%).

Чтобы баланс гумуса в используемых почвах был положительным, необходимо систематически вносить в почву органические удобрения в достаточно высоких количествах. Считается, что содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах не будет снижаться, если ежегодно вносить 8-10 т/га органических удобрений. Положительно сказывается на повышении содержания гумуса в почве применение зеленых удобрений, травосеяние, известкование кислых почв и др.

В заключение следует отметить, что гумус – понятие не только химическое и биологическое, но и экологическое. Гумусовые горизонты формируются как результат непрерывной смены поколений растений. Различные сообщества растений, например, травянистые и деревянистые, резко отличаются по требованиям к условиям внешней среды, по характеру гумификации. Лесная подстилка (A_0), промывной тип водного режима, фульватный тип гумуса – такова экологическая основа существования леса. А для трав – гумификация по гуматному типу, формирование темноокрашенной гумусовой толщи, аккумуляция в ней элементов питания.

Гумус как экологическая основа почвенного плодородия непосредственным образом влияет на условия жизнедеятельности растений, в том числе и культурных.

Лабораторная работа № 4

Гумус почвы

Задание 1. Выполнить опыты по качественному определению составных частей гумуса в почве.

Цель – выявить составные части гумуса в почве.

Материалы и оборудование: образцы почв, электронные весы, ротатор, конические колбы ($100-250\text{ см}^3$), пробирки, штативы для пробирок, штативы для титрования, бюретки, воронки, фильтры.

Реактивы: дистиллированная вода, 50%-ный раствор серной кислоты (H_2SO_4), 0,1М раствор перманганата калия (KMnO_4), 1М раствор гидроксида натрия (NaOH), 10%-ный раствор соляной кислоты (HCl),

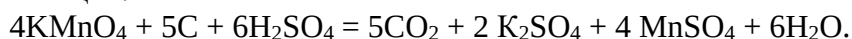
Ход работы:

1. Отвесить на весах 25 г почвы и поместить в колбу.
2. Добавить в колбу 50 см^3 дистиллированной воды.
3. Взболтать содержимое колбы на ротаторе в течение 5 мин.
4. Отстоять содержимое колбы 3-4 мин.
5. Отстоявшийся раствор профильтровать в колбу емкостью 100 см^3 .
6. К 10 см^3 фильтрата (водная вытяжка из почвы, содержащая водорастворимые соединения) добавить $0,5\text{ см}^3$ 50%-ного раствора серной кислоты (H_2SO_4).
7. К 10 см^3 дистиллированной воды добавить $0,1\text{ см}^3$ 50%-ного раствора серной кислоты (H_2SO_4).

8. В колбу с дистиллированной водой добавить 0,1М раствор перманганата калия (KMnO_4) до появления отчетливо розового окрашивания и замерить количество израсходованного раствора перманганата калия.

9. В колбу с водной вытяжкой прибавить из бюретки раствор перманганата калия.

Реакция:



Первые порции перманганата калия расходуются на окисление водорастворимого органического вещества. Реакция окисления требует некоторого времени. Для ее ускорения колбу с водной вытяжкой нагревают на электрической плитке или газовой горелке. Раствор перманганата калия добавляют в водную вытяжку до полного растворения органического вещества, что проявляется в устойчивом розовом окрашивании раствора как в колбе с дистиллированной водой. Замерить количество израсходованного раствора перманганата калия.

10. Сделать вывод о содержании водорастворимых форм почвенного гумуса (содержание фульвокислот) (разность перманганата калия, затраченного до появления отчетливой розовой окраски одинаковых объемов водной вытяжки из почвы и дистиллированной воды).

11. Приготовить щелочную вытяжку из почвы. В колбу с остатком от водной вытяжки добавить 50 см³ 1М раствора гидроксида натрия (NaOH).
12. Колбу несколько раз взболтать.
13. Отстаивать около 20 мин.
14. Отстоявшийся темно-бурый раствор отфильтровать в колбу емкостью 100 см³.
15. 3 см³ фильтрата (щелочной вытяжки) перенести в пробирку, куда затем добавить 2-3 см³ 10%-ного раствора соляной кислоты (HCl). Растворимые в щелочи гуминовые кислоты через некоторое время коагулируют и в виде бурых хлопьев выпадают на дно пробирки. По количеству хлопьев судят о количестве гуминовых кислот в образце почвы.
16. Вывод об оставшейся на фильтре и в колбе нерастворимой в воде и в щелочи черной массе (гумин).

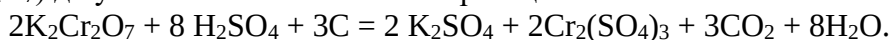
Задание 2. Определить количественное содержание гумуса в почве по методу И.В. Тюрина.

Цель работы – выполнить опыты по количественному содержанию гумуса в почве.

Материалы и оборудование: образцы почв, электронные весы, конические колбы (100 см³), бюретки, штативы для титрования, электроплитки.

Реактивы: 0,4 М раствор хромовой кислоты (смеси), 0,2 М раствор соли Мора, раствор фенилантраниловой кислоты.

Метод И.В. Тюрина позволяет определять суммарное содержание в почве новообразованных органических соединений и сильно измененных мельчайших растительных остатков. Метод основан на окислении органического углерода хромовой смесью (K₂Cr₂O₇) до углекислого газа согласно реакции:



О количестве гумуса судят по количеству хромовой смеси, пошедшей на его окисление.

Ход работы:

1. Отвесить на весах 0,2 г почвы и перенести в коническую колбу объемом 100 см³.
2. Добавить в колбу из бюретки 15 см³ хромовой смеси (K₂Cr₂O₇). В такую же контрольную колбу наливают 15 см³ хромовой смеси (K₂Cr₂O₇).

3. Обе колбы поставить на электрическую плитку с покрытием и кипятить 5 мин.

Во избежание испарения колбу накрывают на время кипячения маленькой воронкой носиком внутрь в качестве обратного холодильника. Кипение должно быть слабым и продолжаться точно 5 мин (следить за временем). В процессе кипячения раствор меняет окраску и становится буровато-коричневым. Если появляется зеленая окраска, то определение следует повторить, уменьшив навеску, так как зеленая окраска указывает на полное израсходование хромовой смеси на окисление гумуса.

4. После охлаждения жидкости в колбе довести до объема ¼ колбы содержимое дистиллированной водой и прибавить 5 капель фенолфталеина (0,2%-го раствора фенилантраниловой кислоты).

5. Произвести при помощи бюретки титрование 0,2 М раствором соли Мора (FeSO₄(NH₄)₂·6H₂O).

В процессе титрования окраска раствора в колбе постепенно меняется: фиолетовая – синяя – зеленая. Когда раствор окрасится в синий цвет, титровать необходимо осторожно, прибавляя раствор соли Мора по 1 капле и тщательно перемешивая титруемую жидкость. Появление зеленой окраски свидетельствует о восстановлении индикатора (полной нейтрализации хромовой смеси).

В первую очередь титруется чистая хромовая смесь для определения исходного количества хромовой смеси, взятой для опыта. Израсходованный объем раствора соли Мора записывают. Затем титруют раствор в колбе с почвой для определения количества хромовой смеси, сохранившейся после окисления органического углерода. Израсходованный объем раствора соли Мора записывают.

6. Гумус определяют по формуле:

$$A = \frac{(a - b)NK}{c} \cdot 100\%,$$

где A – количество гумуса в %;

a – количество см³ раствора соли Мора, израсходованного на титрование хромовой смеси без почвы;

b – количество см³ раствора соли Мора, израсходованного на титрование хромовой смеси с почвой;

N – концентрация раствора соли Мора;

K – коэффициент перевода на гумус (0,0010362 – количество гумуса, соответствующее 1 см³ 0,2 М соли Мора);

c – навеска почвы в граммах;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

7. Сделать вывод о содержании гумуса в почве.

ТЕМА 5. ВЫСОКОДИСПЕРСНАЯ ЧАСТЬ ПОЧВЫ. ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ. ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ

Теоретический материал

1. Высокодисперсная часть почвы, ее происхождение, состав, значение.
2. Почвенные коллоиды. Место коллоидных растворов среди других.
3. Происхождение (образование) почвенных коллоидов.
4. Состав почвенных коллоидов.
5. Состав коллоидной системы. Схема строения коллоидной мицеллы.
6. Классификация почвенных коллоидов по заряду.
7. Классификация коллоидов по содержанию воды.
8. Формы состояния почвенных коллоидов. Коагуляция. Причины коагуляции. Пептизация. Причины перехода геля в золь.
9. Значение почвенных коллоидов.
10. Поглонительная способность почв и ее виды: механическое поглощение; физическое поглощение, или молекулярная адсорбция; химическое поглощение; физико-химическое поглощение; биологическое поглощение.

1. Высокодисперсная часть почвы, ее происхождение, состав, значение.
Почву относят к сложной полидисперсной системе – в ее состав входят частицы различного размера. Исключительно важную роль играет *высокодисперсная часть почвы*. Она представлена частицами, имеющими размер меньше 0,001мм. Их содержание в почве может колебаться от 1-2% до 30-40% к массе почвы. Значение высокодисперсной части почвы состоит в том, что она во многом определяет физические и водно-физические свойства почвы, режим питания растений, поглонительную способность почвы.

2. Почвенные коллоиды. Место коллоидных растворов среди других. Высокодисперсная часть почвы состоит преимущественно из коллоидов. Почвенные коллоиды – совокупность почвенных частичек размером от 1 до 100 нм. Таким образом, *коллоидные растворы* занимают промежуточное положение между *истинными*, или *молекулярными растворами* (размер частичек $<1\text{ нм}$), с одной стороны, и *суспенсионными*, *эмульсионными* (размер частичек $>100\text{ нм}$), с другой.

3. Происхождение (образование) почвенных коллоидов. Происхождение почвенных коллоидов может быть связано с *линегацией (раздроблением)* более крупных частичек, что происходит при выветривании пород. Другой путь образования коллоидов – в результате активизации *поликонденсации* и *полимеризации* низкомолекулярных органических соединений.

4. Состав почвенных коллоидов. По составу бывают минеральные, органические и органоминеральные коллоиды.

Минеральные коллоиды представлены преимущественно глинистыми, а также некоторыми первичными минералами (например, кварц), измельченными до коллоидного состояния. Кроме того, минеральные коллоиды образуют гидрооксиды кремния $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; железа $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, марганца $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. На долю минералов коллоидов приходится около 80-90 % от массы всех коллоидов почвы.

Органические коллоиды образуются при гумификации органического вещества. Представлены в почве гумусовыми кислотами и их солями: гуматами, фульватами, алюмо-железогумусовыми соединениями.

При взаимодействии гумуса с высокодисперсными минеральными частичками почвы образуются комплексные соединения сложного состава – *органоминеральные коллоиды*.

Количество коллоидов в почве может сильно колебаться в зависимости от содержания в ней гумусовых веществ и частичек физической глины, с их увеличением возрастает количество коллоидов.

5. Состав коллоидной системы. Схема строения коллоидной мицеллы. *Коллоидная система* почвы состоит из *дисперсной фазы* (масса коллоидных частичек) и *дисперсионной среды* (почвенного раствора), они взаимодействуют, в результате этого вокруг коллоидной частички создается двойной ионогенный слой. Коллоидную частичку с двойным ионогенным слоем называют *мицеллой*. Общая схема ее строения дана на рисунке 3.

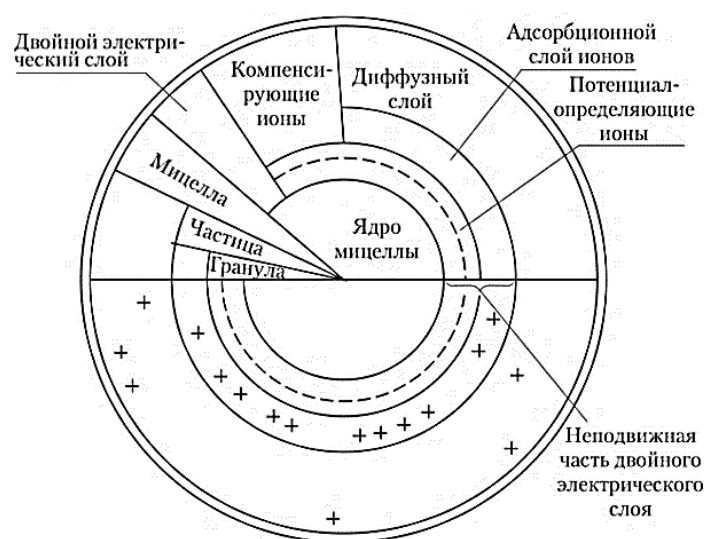


Рисунок 3 – Схема строения коллоидной мицеллы (по Н.И. Горбунову)

Внутри мицеллы находится *ядро* – масса недиссоциированных молекул коллоидообразующего вещества. К ядру примыкает *потенциалопределяющий (внутренний) слой ионов* определенного электрического заряда. Он неподвижный, прочно связан с ядром. Ядро вместе с потенциалопределяющим слоем образует *гранулу*. Вокруг нее формируется *слой компенсирующих ионов*, имеющих противоположный заряд по сравнению с ионами внутреннего слоя. Часть его ионов образует *неподвижный слой компенсирующих ионов*, другая часть отходит от внутреннего слоя на значительное расстояние, теряет с ним прочную связь и образует *диффузный слой*. Ионы диффузионного слоя способны к различным обменным реакциям с почвенным раствором. При потере диффузным слоем части ионов между зарядами слоя потенциалопределяющих ионов и слоем компенсирующих ионов возникает определенная разность потенциалов, называемая *дзета-потенциалом*. Величина его колеблется от 0 до 40-60 мВ.

Основная масса мицеллы принадлежит грануле, поэтому заряд последней рассматривается как заряд всего коллоида.

6. Классификация почвенных коллоидов по заряду. Коллоиды, имеющие во внутреннем слое отрицательно заряженные ионы и диссоциирующие в раствор Н-ионы, называются *ацидоидами*. Они способны к поглощению и обмену катионов. Положительным зарядом характеризуются *базоиды* – их потенциалопределяющий слой состоит из катионов, а диффузный – из ОН-ионов (анионов). Базоиды способны поглощать и обменивать анионы.

Некоторые коллоиды (гидроксиды железа, алюминия) при изменении реакции среды меняют и знак заряда: в кислой среде они заряжены положительно, а в щелочной – отрицательно. Такие коллоиды называют *амфолитоидами*.

Большинство почвенных коллоидов являются ацидоидами – это коллоиды гумусовых веществ, глинистых минералов и кремнекислоты. К базоидам можно отнести гидрооксиды алюминия, железа.

7. Классификация коллоидов по содержанию воды. Взаимодействию и соединению коллоидных частиц препятствуют водные пленки, образующиеся на их поверхности. По количеству воды, которую удерживают коллоиды, они подразделяются на *гидрофильные* и *гидрофобные*. Первые сильно гидратируются, набухают в воде. К ним относятся коллоиды гумуса, глинистых минералов. Гидрофобные коллоиды удерживают небольшое количество воды – это минералы каолиновой группы и др.

8. Формы состояния почвенных коллоидов. Коагуляция. Причины коагуляции. Пептизация. Причины перехода геля в золь. Почвенные коллоиды могут находиться в двух состояниях: *золя* или *коллоидного раствора*, и *геля* или *студенистого, комковатого* или *аморфного осадка*. Под влиянием тех или других факторов коллоиды из состояния раствора могут переходить в осадок и наоборот. Процесс соединения отдельных коллоидных частичек и выпадения осадка называется *коагуляцией*. Осадок, образующийся при коагуляции, называется гелем. Переход геля в золь – *пептизация*.

При снижении дзета-потенциала и гидротированности частичек состояние золя делается неустойчивым, и как только коллоид теряет заряд или он уменьшается настолько, что силы притяжения превышают силы отталкивания, коллоидные частички начинают сцепляться, образовывать комочки и выпадать в осадок. Коагуляция коллоидов происходит главным образом при взаимодействии с электролитами (растворами солей, кислот, щелочей). При этом ацидоиды коагулируются под влиянием катионов электролита, базоиды – под влиянием анионов. Коагулирующая способность двух-трехвалентных катионов более сильная, чем одновалентных катионов, за исключением Н⁺.

Коагуляцию почвенных коллоидов могут вызывать и такие явления как старение коллоидов, обезвоживание и замораживание почв.

Скоагулированные коллоиды могут переходить от состояния геля в золь. Обычно это происходит с гидрофильными коллоидами, насыщенными одновалентными катионами – H^+ , NH_4^+ , Na^+ , и др. В этих условиях не может образоваться водопрочная структура почвы. Коллоиды передаются вниз по профилю, что может ухудшить физико-химические свойства почвы.

Переход геля в золь затруднен или вообще невозможен для гидрофобных коллоидов, насыщенных двух- и трехвалентными катионами – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} . В таких условиях пептизации коллоидов почти не наблюдается, образуются водопрочные структурные агрегаты, в почве закрепляются гумусовые вещества.

9. Значение почвенных коллоидов. Почвенные коллоиды являются носителями сорбционных свойств почвы. Они способны поглощать и обменивать ионы диффузного слоя мицеллы на ионы почвенного раствора.

Адсорбционные свойства коллоидов обусловлены большой удельной поверхностью, благодаря которой коллоидные частички приобретают силы электростатического притяжения – вокруг них могут концентрироваться молекулы воды, газов и др.

10. Поглотительная способность почв и её виды. Почва как природное тело обладает совокупностью химических, физических и физико-химических свойств. Являясь средой обитания растений, почва через свое состояние оказывает сильное влияние на их рост и развитие.

Различные типы почв и их разновидности могут существенно отличаться по характеру свойств, что необходимо учитывать при выращивании сельскохозяйственных культур.

Способность почвы поглощать и удерживать твердые, жидкие и газообразные вещества называют *поглотительной способностью*. Эта способность давно известна человеку и использовалась им для практических целей – например, для опреснения морской воды. Наиболее важные исследования в этой области принадлежат русскому ученому К.К. Гедроюцу – создателю науки о поглотительной способности почв.

Поглотительная способность почв связана в основном с наличием в почве пор и мелких частичек, главным образом коллоидов (поглотительная способность почв зависит от состояния органоминерального комплекса, особенно той части, которая представлена коллоидами). Коллоидные частички, с какими связана поглотительная способность почв и образование почвенного поглощающего комплекса (ППК), имеют сложное строение и несут положительный или отрицательный заряд, который и регулирует обмен соответствующих катионов и анионов между ППК и почвенным раствором, что создает хорошие условия для питания растений. Коллоидные частички создаются гумусом, глинистыми минералами, оксидами железа и алюминия. Значит, их наибольшее количество в глинистых и гумусных почвах.

Благодаря поглотительной способности, почва в той или иной мере задерживает от вымывания легкорастворимые соединения. Поглотительную способность почв учитывают при определении доз, сроков и способов внесения удобрений.

Различают пять видов поглотительной способности почв: механическую, физическую, химическую, физико-химическую и биологическую.

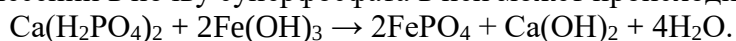
Механическое поглощение обусловлено способностью почвы, как и всякого пористого тела, задерживать в порах взмученные в воде частички, крупнее почвенных пор, это значит выступать своеобразным фильтром. Чем больше в почве глинистых частиц, гумуса и чем мельче почвенные поры, тем большую механическую поглотительную способность имеет почва. Механическое поглощение предохраняет вымывание из почвы иловатых и коллоидных частиц, некоторых удобрительных веществ. В результате заиления пор в профиле почвы могут образовываться водонепроницаемые горизонты, что может отражаться на состоянии водно-воздушных свойствах почвы.

Механическую поглонительную способность используют при создании искусственных фильтров для грубой очистки питьевой воды, для заиливания стенок и днища оросительных каналов с целью ограничения потерь воды на фильтрацию.

Физическое поглощение, или **молекулярная адсорбция** – это изменение концентрации молекул различных веществ у поверхности почвенных частичек. Связана с деятельностью сил поверхностного натяжения на поверхности коллоидной частички и слабо удерживает химические элементы или соединения. Обусловлена их свободной поверхностной энергией – последняя возрастает с увеличением площади общей поверхности мелких частичек, то есть, чем они мельче, тем большая удельная поверхность и энергия поглощения вещества.

Путем физического поглощения в почве могут накапливаться пары воды, газы – аммиак, кислород, углекислый газ и др. Почвенными частичками также могут адсорбироваться молекулы твердых веществ, находяющихся в состоянии молекулярных растворов. Например, при прохождении сквозь почву навозной жижи, из нее поглощаются молекулы органических соединений в результате их притяжения поверхностью мелких частичек.

Химическая поглонительная способность связана с образованием малорастворимых и нерастворимых солей в результате чисто химических реакций между веществами почвы, т.е. это реакция между ионами и коллоидами с созданием прочного соединения, химические элементы которого не доступны для питания растений. Например, при внесении в почву суперфосфата в ней может происходить следующая реакция:

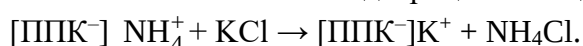


Соль FePO_4 , образовавшаяся в результате реакции, труднорастворимая в воде, доступность фосфат-иона растениями в этом случае резко снижается. Кстати, явление химического поглощения фосфора в дерново-подзолистых почвах довольно распространенное. Процесс этот нежелательный. Чтобы его ограничить, стремятся применять гранулированный суперфосфат, предпочитают локальное внесение удобрений.

Физико-химическое поглощение или **обменная адсорбция**, связана со способностью почвенных коллоидов обменивать катионы диффузного слоя на катионы почвенного раствора. Сочетает в себе физическую и химическую сорбцию (связь) с коллоидами.

Совокупность нерастворимых в воде мелкодисперсных компонентов почвы, способных к процессам поглощения, обмену ионов, называют **почвенным поглощающим комплексом (ППК)**. Основную часть ППК составляют коллоиды.

Схематически обменная адсорбция выглядит так:



Реакции обмена ионов идут быстро, носят обратимый характер, осуществляются в эквивалентных количествах.

В связи с тем, что почвенные коллоиды представлены в основном ацидоидами, объектами физико-химического поглощения (обмена) являются катионы.

Способность различных катионов к поглощению почвой неодинаковая и зависит от их валентности и атомной массы: чем выше валентность катиона, а в границах одной валентности – атомная масса, тем выше энергия поглощения. По этой оценке катионы располагают в следующий ряд: $\text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$. Исключение из этого правила – одновалентный катион водорода (H^+).

Сумма всех катионов, находящихся в диффузном слое почвенных коллоидов и способных к обмену, называется **емкостью катионного обмена (ЕКО)** (**емкостью поглощения (Е)**). Ее величина в минеральных почвах колеблется от 5 до 60 ммоль на 100 г почвы и зависит от содержания в ней гумуса и количества минеральных коллоидов. Емкость поглощения дерново-подзолистых суглинистых почв составляет обычно 10-20 ммоль на 100 г почвы. Чем выше этот показатель, тем больше катионов содержит

почва и тем больший в ней запас питательных элементов. Емкость катионного обмена (ЕКО) (емкостью поглощения (Е)) почвы показывает, сколько ППК может удерживать катионов (или анионов). Она тем больше, чем больше гумуса и частичек физической глины в почве (чернозем, торф). Но среди катионов встречается водород, который подкисляет почву. Для этого определяется сумма обменных (поглощенных) оснований (S) (полезные основания Ca, Mg). Она ниже, чем емкость поглощения.

Состав обменных катионов ППК оказывает большое влияние на свойства почвы. Двухвалентные катионы – кальций, магний – хорошие коагуляторы, содействуют образованию водопрочной структуры, формированию нейтральной реакции почвы. Поглощенные водород и алюминий обуславливают потенциальную кислотность почвы. Ряд неблагоприятных свойств приобретает почва при содержании значительного количества в ППК натрия – щелочную реакцию, неводопрочную структуру и др. Поглощение почвой анионов чаще связано с биологическим поглощением и химическими реакциями, образующими малорастворимые соединения.

Биологическое поглощение. Биологическая поглотительная способность связана с жизнедеятельностью растений, микроорганизмов. Благодаря им в составе органического вещества накапливается азот и зольные элементы. Для биологического поглощения характерна избирательность биоты при поглощении элементов питания из почвы: растения и микроорганизмы усваивают элементы не пропорционально содержанию их в почве, а в соответствии со своими физиологическими потребностями. После отмирания и минерализации отмерших организмов поглощенные ранее элементы питания вновь переходят в почву и используются новыми поколениями организмов.

Особенно велика роль биологического поглощения в областях с промывным типом водного режима на рыхлых почвах.

Лабораторная работа № 5

Поглотительная способность почвы

Цель – выполнить опыты по определению поглотительной способности почвы.

Материалы и оборудование: образцы почв различного гранулометрического состава, электронные весы, колбы, пробирки, воронки, фильтры, марля, фарфоровые чашки, 5%-ный раствор гидрофосфата калия и натрия, раствор хлорида калия, оксалат аммония, раствор метиленовой сини или фиолетовые чернила.

Реактивы: раствор хлорида калия (KCl), 5%-ный раствор гидрофосфата калия (K_2HPO_4) или 5%-ный раствор гидрофосфата натрия (Na_2HPO_4), раствор оксалата аммония ($(NH_4)_2C_2O_4$).

Задание 1. Определить поглотительную способность почвы: механическую, физическую, химическую, физико-химическую.

Ход работы:

1. Механическое поглощение.

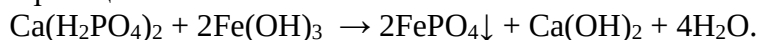
1. Взять колбу, воронку с марлей.
2. Насыпать в воронку с марлей почву (суглинистую и супесчаную в двух опытах).
3. Пропустить через слой почвы в воронке почвенную суспензию другой почвы (в колбу к 20 г почвы прилить 50 см³ воды).
4. Сделать вывод о причине очищения воды, и какая из почв в двух опытах лучше очищает воду.

2. Физическое поглощение.

1. Взять колбу, воронку с марлей и почвой.
2. Пропустить через почву воду, подкрашенную метиленовой синью.
3. Сделать вывод об адсорбировании почвой молекул красящего вещества.

3. Химическое поглощение.

Основано на том, что в результате химических реакций вещества хорошо растворимые до реакции становятся малорастворимыми или нерастворимыми после (недоступными для растений). Например, при внесении в почву (суперфосфата) $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$ происходит реакция:



Соль FePO_4 (фосфат железа), образовавшаяся в результате реакции, труднорастворимая в воде, доступность фосфат-иона растениями в этом случае резко снижается.

1. В колбу объемом 250 см³ налить 20 см³ 5-% раствора гидрофосфата калия K_2HPO_4 или натрия Na_2HPO_4 и насыпать 20 г почвы.

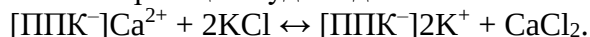
2. Смесь взболтать 30 мин, дать отстояться и отфильтровать.

3. Налить 10 см³ фильтрата в форфоровую чашку (предварительно ее взвесив) и выпарить на песочной или водяной бане досуха. Определить массу минерального осадка.

4. Рассчитать поглощательную способность почвы исходя из того, что в 20 см³ раствора гидрофосфата калия содержался 1 г соли. Тогда в 10 см³ фильтрата должно быть 0,5 г гидрофосфата калия, если бы почва его поглотила. Если, например, масса минерального осадка 0,2 г, то 10 г почвы поглотили 0,3 г гидрофосфата калия. Следовательно, 20 г поглотят 0,6 г соли, что составляет 60%. Это и есть показатель химической поглощательной способности почвы данного образца.

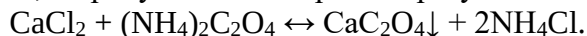
4. Физико-химическое поглощение (обменное поглощение)

1. Взять воронку с марлей и почвой и обработать ее в воронке хлоридом калия (KCl) (использовать 15 см³). При этом катионы кальция (Ca^{2+}), находящиеся во внешнем слое почвенных коллоидов, будут вытесняться катионами калия и переходить в фильтрат. Обменная реакция будет идти по схеме:



2. Отфильтровать содержимое колбы с фильтратом в другую колбу.

3. Установить наличие кальция в фильтрате, прилив к нему раствор оксалата аммония, в присутствии которого образуется белый осадок – оксалат кальция (CaC_2O_4).



4. Для сравнения обработать почву дистиллированной водой. Сделать вывод о реакции с оксалатом аммония в опыте с почвой, обработанной хлоридом калия, и в почве, обработанной дистиллированной водой. Количество осадка определяет содержание кальция по шкале: большое – большой осадок, выпадающий сразу; среднее – муть, появляющаяся при перемешивании; малое – слабая муть, выделяющаяся при стоянии.

ТЕМА 6. РЕАКЦИЯ ПОЧВ

Теоретический материал

1. Агрохимические свойства характеризуют ППК.
2. Реакция почвы и ее значение.
3. Кислотность почвы – ее природа, виды, значение в жизни растений.
4. Известкование почв.
5. Щелочность почв.
6. Буферность почв.
7. Экологическая индикация реакции почв. Природные индикаторы реакции почв.

1. Агрохимические свойства характеризуют ППК: реакция почвы ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – актуальная, pH_{KCl} – обменная, H – гидролитическая (ммоль на 100 г почвы), сумма обменных оснований (S , ммоль на 100 г почвы), емкость катионного обмена (ЕКО , ммоль на 100 г

почвы) или емкость поглощения (Е, ммоль на 100 г почвы), степень насыщенности основаниями (V, %), гумус (%), подвижный фосфор, обменный калий (ммоль на 100 г почвы).

2. Реакция почвы и её значение.

Понятие и значение реакции почв. Реакция почвы – физико-химическое свойство, обусловленное содержанием H^+ и OH^- в жидкой и твердой частях почвы. Она является важным условием роста и развития растений, оказывает большое влияние на минеральное питание растений, определяет физические и биологические свойства почвы.

Реакция почвы обычно проявляется при взаимодействии ее с водой или растворами солей. Почвы могут иметь кислую, нейтральную или щелочную реакцию в зависимости от соотношения концентраций иона водорода (H^+) и гидроксида (OH^-). Реакция кислая, если в почве преобладают ионы H^+ , и щелочная – если в почве больше ионов OH^- . При равенстве концентраций H^+ и OH^- реакция почвы нейтральная. Кислая реакция устанавливается в тех условиях, где осадки преобладают над испарением (леса, тундра), нейтральная – количество осадков и испарение уравновешены (степи луговые, саванны типичные); щелочная – когда испарение преобладает над осадками как в пустынях.

Реакция почвы: кислая, нейтральная, щелочная. Условия возникновения различной реакции почв. Реакцию раствора обычно определяют по условной величине pH (отрицательный десятичный логарифм концентрации H^+). Шкала pH имеет значение от 1 до 14. При pH 7 – реакция почвенного раствора нейтральная, ниже 7 – кислая, больше 7 – щелочная.

Различные типы почв имеют и различную реакцию. Ее показатели (pH) могут колебаться от 3,5 до 9 и выше. Наиболее кислую реакцию имеют верховые торфяники. Кислой реакцией характеризуются подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Для черноземов свойственна нейтральная реакция, для каштановых почв, солонцов – щелочная.

Сельскохозяйственные растения предъявляют разные требования к реакции почвы – наиболее благоприятными для большинства культур являются слабокислые или слабощелочные почвы. Нейтрализуют кислую реакцию внесением в почву известняков ($CaCO_3$), а щелочную – внесением гипса ($CaSO_4$). Максимальное количество ионов водорода устанавливается при определении гидролитической кислотности (Н).

С реакцией почв тесно связана и жизнедеятельность почвенных организмов. В кислой среде распространена грибная микрофлора. Для бактерий предпочтительной реакцией является реакция, близкая к нейтральной.

Таким образом, реакцию почв можно рассматривать как важный экологический признак.

3. Кислотность почвы – ее природа, виды, значение в жизни растений.

Кислотность почв. Источники кислотности почвы. Значение кислотности. Кислотность почв – свойство почвы, обусловленное содержанием в почвенном растворе H -ионов, а также обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе.

Существуют разные источники кислотности почвы. Одной из наиболее распространенных минеральных кислот является угольная кислота, образующаяся при растворении углекислого газа. Значительное подкисление почвенного раствора могут вызвать ненасыщенные катионами гуминовые и фульвокислоты. Последние образуются при разложении остатков хвойной и моховой растительности.

В результате жизнедеятельности грибов и бактерий, разложения растительного опада, выделенные корнями и насекомыми в почве могут присутствовать свободные органические кислоты типа уксусной, щавелевой, лимонной.

В некоторых случаях при выветривании горных пород и минералов могут образовываться и сильные минеральные кислоты – соляная, серная. Существенным источником кислотности могут быть вносимые физиологически кислые удобрения – $(NH_4)_2SO_4$, KCl и др.

Повышенная кислотность – явление вредное для растений и полезной микрофлоры. В кислых почвах усложняется поступление кальция в растения, сосуды корневых волосков закупориваются, угнетается деятельность нитрификаторов, азотофиксаторов. Избыточная кислотность увеличивает до токсичных количеств содержание в почве подвижных алюминия и марганца. Кислые почвы бесструктурные, с неудовлетворительными водно-воздушными свойствами. Около 50% почв таежно-лесной зоны имеют избыточную кислотность. Кислотность почв необходимо изучать и регулировать.

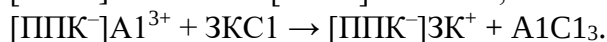
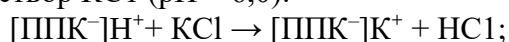
Формы почвенной кислотности. Различают две формы почвенной кислотности – актуальную и потенциальную.

Актуальная (активная) кислотность почвы обусловлена наличием водородных ионов (протонов) в почвенном растворе. Определяется обычно при взаимодействии почвы с дистиллированной водой и выражается показателем pH_{H_2O} . Показатель актуальной кислотности очень динамичен, нестабилен, зависит от многочисленных реакций, постоянно совершающихся в почве.

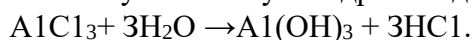
Потенциальная кислотность (скрытая, пассивная) обнаруживается при взаимодействии почвы с растворами солей. Природа ее сложная. Носителями потенциальной кислотности являются обменные катионы водорода (H^+), алюминия (Al^{3+}) почвенных коллоидов.

В зависимости от соли, используемой для выявления потенциальной кислотности, ее подразделяют на обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность – та часть потенциальной кислотности, которая обнаруживается при вытеснении из почвы ионов H^+ и Al^{3+} растворами нейтральной соли (KCl , $NaCl$, $BaCl_2$). Обычно для определения обменной кислотности почв используют 1М раствор KCl ($pH \sim 6,0$):



$AlCl_3$ – соль слабого основания и сильной кислоты. Гидролитически распадаясь образует соляную кислоту и гидроксид алюминия:



Образующаяся в растворе кислота оттитровывается – кислотность тогда выражается в ммоль/100 г, либо определяется величиной pH солевой вытяжки почвы – pH_{KCl} .

В зависимости от величины pH солевой вытяжки минеральные почвы подразделяются на следующие группы (РБ, 2010 г.) упрощенно: сильнокислые ($pH < 4,5$), среднекислые ($pH 4,5-5,0$), кислые ($pH 5,0-5,5$), слабокислые ($pH 5,5-6,0$), почвы с реакцией, близкой к нейтральной и нейтральной ($pH 6,0-7,0$), нейтральные и слабощелочные (более 7,00). Группы почв в зависимости от величины pH солевой вытяжки представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Градация почв Беларуси по степени кислотности (pH_{KCl})

Почвы	Минеральные почвы	Торфяно-болотные почвы
сильнокислые	менее 4,50	менее 4,00
среднекислые	4,51–5,00	4,01–4,50
кислые	5,01–5,50	4,51–5,00
слабокислые	5,51–6,00	5,01–5,50
близкие к нейтральным и нейтральные	6,01–6,50	5,51–6,00
близкие к нейтральным и нейтральные	6,51–7,00	6,01–6,50
нейтральные и слабощелочные	более 7,00	более 6,50

Знание обменной кислотности имеет практическое значение – ее учитывают при известковании кислых почв, применении удобрений.

Группы сельскохозяйственных культур по отношению к реакции среды.

По отношению к реакции среды сельскохозяйственные культуры подразделяют на несколько групп:

первая группа – культуры, не переносящие кислых почв: свекла (столовая, кормовая, сахарная), капуста. Оптимальный показатель pH для них 7-7,5;

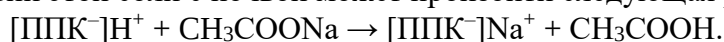
вторая группа – культуры, чувствительные к повышенной кислотности: ячмень, пшеница, фасоль, горох, вика, клевер, огурец, лук. Они лучше развиваются при pH 6-7 и хорошо отзываются на известкование;

третья группа – слабо чувствительные к повышенной кислотности почв: рожь, овес, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томат. Эти культуры могут удовлетворительно расти в довольно широком диапазоне pH – от 4,5 до 7,5, но наиболее благоприятны для них почвы с pH 5,5-6,0;

четвертая группа – культуры, требующие известкования только средне- и сильнокислых почв: картофель, лен. Высокие дозы извести отрицательно влияют на качество продукции этих культур;

пятая группа – люпин, сераделла, щавель. Лучше растут на кислых почвах – pH 4,5-5,0.

Гидролитическая кислотность определяется при воздействии на почву раствором гидролитически щелочной соли. В этом случае происходит более полное вытеснение поглощенного водорода и других кислотных ионов. Для определения гидролитической кислотности обычно используют 1М раствор ацетата натрия (CH_3COONa). При взаимодействии этой соли с почвой может произойти следующая реакция:



При наличии в почве обменного алюминия в почвенном растворе может образоваться ацетат алюминия ($\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$) с последующим разложением его на гидроксид алюминия и уксусную кислоту.

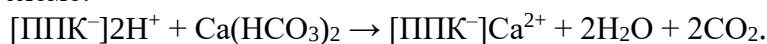
Количество образующейся кислоты определяют титрованием щелочью и показывают в ммоль на 100 г почвы.

Степень насыщенности почвы основаниями. Показатель гидролитической кислотности используют при определении степени насыщенности почвы основаниями. Она показывает количество обменных оснований (обычно $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), выраженных в процентах от емкости катионного обмена (емкости поглощения): $V = S / \text{ЕКО} (E) \cdot 100 = S / (S + H) \cdot 100$, где V – степень насыщенности почвы основаниями в %, S – ммоль/100 г; H – гидролитическая кислотность, ммоль/100 г; ЕКО – емкость катионного обмена (E – емкость поглощения), ммоль/100 г.

Почвы с высокой степенью насыщенности основаниями (> 80%) не нуждаются в известковании, а при V – менее 50%, имеют высокую необходимость в нем.

4. Известкование почв. Известкование – основной прием повышения продуктивности кислых почв. В качестве мелиорантов вносят раздробленную известь и (или) доломитовую муки. Карбонаты Ca и Mg в этих породах представлены соответственно кальцитом CaCO_3 и магнезитом MgCO_3 . Доломит состоит из смеси кальцита и доломита.

При известковании внесенный CaCO_3 (при наличии уголекислоты) переходит в растворимый $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (гидрокарбонат кальция) и взаимодействует с почвой по следующей схеме:



В результате известкования почва насыщается Ca (или Ca и Mg), а уголекислый газ (диоксид углерода) в газообразной форме улетучивается в приземные слои атмосферы, где он может быть использован растениями для фотосинтеза.

Дозу извести обычно рассчитывают по гидролитической кислотности: $P_{\text{CaCO}_3} = H \cdot 1,5$ (т CaCO_3 на 1 га), то есть 1 ммоль гидролитической кислотности на 100 г почвы требуется для нейтрализации 1,5 т CaCO_3 на 1 га.

Дозу CaCO_3 для известкования кислых почв можно определить и по обменной кислотности – в зависимости от величины pH_{KCl} и гранулометрического состава почвы доза извести может изменяться примерно от 2,0 до 6,0 т CaCO_3 на 1 га; при pH_{KCl} 5,6 и выше почвы не известкуют.

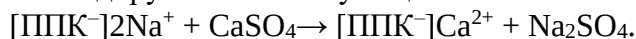
5. Щелочность почв. Щелочность почв – способность их подщелачивать воду и растворы нейтральных солей. Связана с присутствием в почве гидролитически щелочных солей – Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{CO}_3)_2$ и других, создающих при диссоциации повышенную концентрацию OH^- -ионов:



Различают активную и потенциальную щелочность почвы. Первая связана с наличием гидролитически щелочных солей в почвенном растворе. Потенциальная щелочность обусловлена обменно поглощенным Na.

Щелочная реакция угнетает деятельность микроорганизмов, ухудшает структуру и физические свойства почвы, режим питания растений.

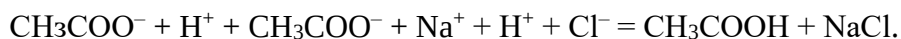
Ликвидируют избыточную щелочность гипсованием:



Образующийся сульфат натрия (сернокислый натрий, глауберова соль) может быть вымыт из почвы при выпадении атмосферных осадков или при поливе.

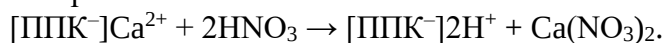
6. Буферность почв. Буферность почв – способность противостоять резкому изменению реакции почвенного раствора при введении в почву кислот и щелочей или их солей. Обусловлена наличием в почве буферных систем, представленных обычно слабыми кислотами (органические, угольная) и их солями.

Против подщелачивания буферное воздействие оказывают слабые кислоты, а против подкисления – слабые кислоты и их соли:



диссоциация	диссоциация	диссоциация	диссоциация
слабая	сильная	сильная	слабая

Против подкисления также сильное воздействие оказывают поглощенные основания, особенно кальций. При воздействии кислоты на почву с нейтральной реакцией произойдет обмен поглощенных оснований на ион водорода кислоты, а в растворе образуется нейтральная соль:



В силу того, что ионы водорода будут изъяты из раствора и адсорбированы почвой, концентрация ионов водорода существенно не изменится.

Высокой буферностью обычно отличаются суглинистые и глинистые почвы, обогащенные гумусовыми веществами. Низкая буферность характерна для песчаных бедных гумусом почв. Эту особенность необходимо учитывать при определении доз удобрений, извести.

7. Экологическая индикация реакции почв. Природные индикаторы реакции почв. О реакции почвы можно судить не только по данным лабораторных анализов, но и по природным индикаторам – растениям, морфологическим признакам почв и др.

Между компонентами любого ландшафта (породы, почвы, растения, природные воды) существуют тесные внутренние связи, в основе которых лежат биогеохимические процессы, явления миграции атомов, вещественный состав среды, свойства ее составных частей и др. Правильный анализ этих связей позволяет по одному звену сложного ландшафтного комплекса определить другие звенья.

Существует довольно строгая приуроченность определенных видов растений к соответствующим почвам. Так, растениями-индикаторами средне- и сильнокислой реакции почв является хвощ полевой, белоус торчащий, щавель воробьиный, лютик едкий, фиалка трехцветная, подорожник большой, сераделла маленькая и др.

Самую высокую кислотность ($pH_{KCl} \sim 3,5$) в пределах таежно-лесной зоны имеет верховое болото, а значит, представители его фитоценоза (сфагнум, пушица, багульник, клюква и др.) являются надежными индикаторами повышенной кислотности своей среды.

К растениям-индикаторам нейтральной и слабокислой реакции почв относят ромашку непахучую, редьку полевую, пырей ползучий, лапчатку гусиную, метлицу белую, клевер ползучий.

Существует группа растений, которые могут свидетельствовать о щелочной реакции почвы – горчица полевая, смолка белая, живокость полевая, мак-самосейка.

Признаки, которые косвенно свидетельствуют о реакции среды. Есть и другие признаки, которые косвенно свидетельствуют о реакции среды. Так, на повышенную кислотность указывает сильная изреженность посевов клевера, заболевание капусты киллой, ржавая окраска воды в лужах после дождя, бесструктурность суглинистых почв, наличие в них мощного (>10 см) подзолистого горизонта.

Лабораторная работа № 6

Кислотность почв

Цель работы – выполнить опыты по определению обменной и гидролитической кислотности почвы, выявить степень кислотности и степень нуждаемости почв в известковании, рассчитать дозу извести для внесения в почву.

Материалы и оборудование: образцы почв, электроплитка, электронные весы, ротатор, пробирки, штативы для пробирок, пипетки, бюретки, конические колбы ($100-250\text{ см}^3$), воронки, фильтры, набор Алямовского, pH-метр HANNA, мерные химические стаканы (25 см^3).

Реактивы: 1 М раствора KCl, комбинированный индикатор, раствор CH_3COONa , 1% раствор фенолфталеина, 0,1М раствор NaOH, 0,1М раствора HCl,

Задание 1. Определить обменную кислотность почвы и сделать вывод о степени кислотности почвы.

Ход работы:

1. Отвесить на весах 20 г почвы.
2. Поместить почву в колбу и прилить 50 см^3 1 М раствора KCl.
3. Содержимое колбы закрыть пробкой и взболтать в течение 5 мин, отстаивать 20 мин, а затем отфильтровать.
4. Взять в пробирку 5 см^3 фильтрата и прибавить к нему $0,3\text{ см}^3$ комбинированного индикатора.
5. Колориметрировать, т.е. сравнить цвет фильтрата с окраской стандартной шкалы растворов эталонов и записать величину pH.
6. Дополнительно провести определение кислотности почвы с использованием pH-метра HANNA.
7. Сделать вывод по показателю pH_{KCl} о степени кислотности почвы.

Задание 2. Определить гидролитическую кислотность почвы.

Ход работы:

1. Отвесить на весах 20 г почвы.
2. Поместить почву в колбу и прилить 50 см^3 раствора CH_3COONa .
3. Содержимое колбы закрыть пробкой и взбалтывать на ротаторе в течение 40 (20) минут, затем отфильтровать.

4. Взять в колбу 25 см³ фильтрата и прибавить к нему 3-4 капли фенолфталеина.
5. Титровать содержимое 0,1М раствором NaOH до исчезающей в течение одной минуты слабо-розовой окраски.

6. Определить по шкале бюретки объем (см³) щелочи, пошедшей на титрование.

7. Вычислить полную гидролитическую кислотность по формуле

$H = a \cdot T \cdot 0,875$, где

H – гидролитическая кислотность (ммоль/100 г)

a – объем 0,1М раствора NaOH,

T – поправочный коэффициент (1),

0,875 – поправочный коэффициент для пересчета на 100 г почвы

Задание 3. Определить сумму поглощенных оснований (Ca^+ , Mg^+) по методу Каппена-Гильковица.

Ход работы:

1. Отвесить на весах 10 г почвы в колбу емкостью 250 см³.
2. Прилить 50 см³ 0,1М раствора HCl.
3. Колбу с почвой взболтать на ротаторе в течение 30 мин и оставить на 24 часа.
4. После отстаивания содержимое колбы взболтать и отфильтровать.
5. Перенести в колбу емкостью 250 см³ 50 см³ фильтрата.
6. Прокипятить на плитке 5 мин для удаления CO₂.
7. Прилить к раствору 3 капли фенолфталеина.
8. Горячий фильтрат оттитровать 0,1М раствором NaOH до исчезновения в течение 1 мин розовой окраски, записать количество NaOH, пошедшее на титрование.
9. Вычислить сумму поглощенных (обменных) оснований (S , ммоль/100 г) по формуле:

$$S = \frac{(a - b) \cdot 2 \cdot 100 \cdot M}{C}, \text{ где}$$

a – количество 0,1М раствора NaOH, затраченного на титрование 50 см³ 0,1М раствора HCl в контрольной колбе (холостое определение), см³;

b – количество 0,1М раствора NaOH, затраченного на титрование 50 см³ фильтрата при определении суммы обменных оснований, см³;

C – навеска воздушно-сухой почвы, г;

2 – коэффициент пересчета на 100 см³ раствора;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

M – молярная концентрация раствора NaOH (0,1).

Задание 4. Вычислить степень насыщенности почв основаниями:

$$V = \frac{S}{E} \cdot 100\% = \frac{S}{H + S} \cdot 100\%, \text{ где}$$

V – степень насыщенности почвы основаниями, %;

S – сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г;

$EKO (E)$ – емкость катионного обмена (емкость поглощения), ммоль/100 г;

H – гидролитическая кислотность, ммоль/100 г.

Задание 5. Определить степень нуждаемости почв в известковании (гранулометрический состав, pH_{KCl} , степень насыщенности основаниями). Необходимость известкования устанавливают по показателям обменной кислотности с учетом степени насыщенности почв основаниями и гранулометрического состава (таблица 10).

Таблица 10 – Установление необходимости известкования почв по pH и степени насыщенности основаниями (по М.Ф. Корнилову)

Почва	Необходимость известкования почв							
	Сильная		Средняя		Слабая		Отсутствует	
	pH	V	pH	V	pH	V	pH	V
Тяжело- и среднесуглинистая	<4,5	<50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	>5,5	>75
Легкосуглинистая	<4,5	<40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	>5,5	>70
Супесчаная и песчаная	<4,5	<35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	>5,5	>60

Задание 6. Определить дозу извести.

Дозу извести устанавливают по величине гидролитической кислотности, умножая ее на 1,5 ($P_{CaCO_3} = H \cdot 1,5$, т/га). Например, при гидролитической кислотности, равной 2 ммоль/100 г, доза извести равна $P_{CaCO_3} = 2 \cdot 1,5 = 3$ т/га.

При отсутствии данных по гидролитической кислотности дозу извести можно ориентировочно определить по обменной кислотности (таблица 11).

Таблица 11 – Примерные дозы извести, установленные по обменной кислотности почвы

Почвы	pH солевой вытяжки					
	4,5 и ниже	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5
	Доза извести, т/га					
Супесчаные и легкосуглинистые	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средне- и тяжелосуглинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Результаты записать в тетрадь по форме:

Почвенный образец	Гранулометрический состав	Обменная кислотность (pH _{KCl})	Необходимость известкования	Примерная доза извести, т/га	
				по обменной кислотности	по гидролитической кислотности

Сделать выводы.

ТЕМА 7. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Теоретический материал

1. Общие физические свойства почв.
2. Физико-механические свойства почв.
3. Состояние и формы воды в почве. Водные свойства почв.
4. Водный баланс и типы водного режима.
5. Воздушные свойства почв.
6. Тепловой режим и тепловые свойства почв.
7. Эрозия почв.

Почвенная вода и водные свойства почвы

Всякая почва содержит определенное количество воды, которую обычно называют почвенной, или жидкой фазой. Содержание влаги в процентах к массе сухой почвы характеризует ее влажность.

Почвенная вода – условие жизни растений, жизнедеятельности почвенной фауны и микрофлоры. Особенно много воды расходуют растения – для создания 1 г сухого вещества требуется от 200 до 1500 г воды.

Наличие воды в почве обуславливает протекание биохимических, физико-химических и других процессов, передвижение веществ, водно-воздушный, тепловой режимы, физико-механические свойства.

Растения нормально развиваются только тогда, когда в почве есть постоянное и достаточное количество воды. Как недостаток, так и избыток влаги в почве ограничивают продуктивность растений или совсем вызывают их гибель.

Познание закономерностей поведения почвенной влаги, умение управлять водными свойствами почвы – важная предпосылка получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Источники воды в почве, следующие: атмосферные осадки, грунтовые воды, конденсация водяного пара из атмосферы. Обычно главным источником воды в почве являются атмосферные осадки.

Формы воды в почве. Вода, поступающая в почву, может передвигаться под воздействием силы тяжести (гравитации), может попадать под воздействие менисковых (капиллярных), осмотических, сорбционных сил или переходить в парообразное состояние. В результате этого в почве образуются различные категории (формы) воды, которые характеризуются неодинаковой подвижностью, различной силой связи с почвой, а значит, и разной доступностью для растений.

Вода в почве может находиться во всех трех состояниях – твердом (лед), жидком, парообразном.

Различают следующие формы воды в почве: химически связанная, парообразная, сорбционно связанная (гигроскопическая, пленочная); свободная (капиллярная и гравитационная).

Химически связанная (конституционная – ионы H^+ и OH^- входит в состав кристаллической решетки; кристаллизационная – вода входит в состав некоторых кристаллогидратов ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$; $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$)). Характеризуется очень высокой прочностью связи и неподвижностью в почве, недоступна растениям.

Парообразная вода. Находится в почвенном воздухе в форме водяного пара. Она содержится в небольшом количестве (не более 0,001% от массы почвы) и свободно передвигается от мест с большей упругостью пара к местам с меньшей упругостью, от более теплых к менее нагретым слоям почвы. Может также передвигаться пассивно с потоком воздуха. Парообразная вода может адсорбироваться поверхностью твердых частичек. Становится доступной растениям только после конденсации паров воды.

Сорбционно связанная вода образуется путем сорбции парообразной и жидкой воды на поверхности твердых частичек почвы. Она подразделяется на гигроскопическую (или прочносвязанную) и пленочную (или рыхлосвязанную).

Гигроскопическая вода представляет собой сорбированные молекулы водяного пара, на поверхности почвенных частичек. Они образуют пленки, состоящие из 2-3 ориентированных слоев молекул воды. При высокой относительной влажности воздуха толщина этой пленки может быть равной 20-30 диаметрам молекул водяного пара.

Количество гигроскопической воды в почве зависит в основном от содержания органических и минеральных частичек, способных образовывать вокруг себя пленку. Тяжелые по гранулометрическому составу и хорошо гумусированные почвы содержат больше гигроскопической воды по сравнению с легкими, малогумусированными почвами. Эффект сорбции воды заметно проявляется в частицах размером 2-3 мкм и резко возрастает в частицах менее 1 мкм.

Гигроскопическая вода очень прочно удерживается почвой ($1-2 \cdot 10^9$ Па), совсем недоступна растениям. Удалить ее из воздушно-сухой почвы можно путем многочасового высушивания при 105 °С.

Наибольшее количество гигроскопической воды почва может сорбировать из воздуха, полностью (96-98%) насыщенного водяным паром. Эта величина называется максимальной гигроскопичностью почвы (МГ). Значение МГ в песчаных почвах колеблется в границах 0,1-1%, в глинистых, гумусированных почвах достигает 10-15%, а в органо-генных почвах – 20-40 %.

Обычно растения начинают завядать раньше, чем почва высыхает до максимальной гигроскопичности. То количество влаги в почве, при которой в растениях появляются признаки устойчивого завядания, и они не исчезают при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяным паром, называется *влажностью устойчивого завядания (ВЗ)*. ВЗ – это нижняя граница доступности воды растениям в почве. Ее определяют вегетационными методами, наблюдая, при какой влажности растения завядают, или расчетным образом: МГ 1,5.

Влажность завядания зависит от вида растения и свойств почвы. Чем больше в почве мелких частичек и органических веществ, тем выше в ней ВЗ. В среднем она составляет 1-3% в песках, 3-6% в супесях, 6-15% в суглинках и 50-60 % в торфяных почвах. Показатели ВЗ необходимы для расчета запасов в почве продуктивной влаги.

Пленочная (рыхлосвязанная) вода – является дополнительно сорбированной при соприкосновении твердых частичек почвы с жидкой водой. Сорбционные силы поверхности почвенных частичек не насыщаются полностью даже в том случае, когда влажность почвы достигает МГ, но может сорбировать жидкую воду. Рыхлосвязанная вода образует пленку из слабоориентированных молекул. Пленочная вода удерживается почвой менее прочно, чем гигроскопическая. Может передвигаться от частиц с более толстой к частицам с менее толстой пленкой. Растениям доступна только частично.

Свободная вода не связана силами притяжения с почвенными частицами. Она доступна растениям. Различают две формы свободной воды в почве – капиллярную и гравитационную.

Капиллярная вода удерживается в почвенных порах малого диаметра – капиллярах, под воздействием капиллярных или менисковых сил. В зависимости от характера увлажнения почвы различают капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую воду.

Капиллярно-подвешенная вода заполняет капиллярные поры при увлажнении почвы сверху. При этом под увлажненным находится сухой слой почвы. Вода увлажненного слоя как бы «зависает» над сухим слоем почвы. Капиллярно-подвешенная вода может передвигаться в направлении к испаряющей поверхности. Это движение прекращается, когда капилляры из-за недостатка воды разрываются. Влажность, при которой это происходит, называется влажностью разрыва капилляров (ВРК).

Капиллярно-подпертая вода образуется при подъеме ее снизу вверх по капиллярам от грунтовых вод, или верховодки. Зона капиллярного насыщения над грунтовой водой называется капиллярной каймой.

Агротехнические мероприятия, направленные на сохранение воды в почве, на рациональное использование ее растениями, связаны с образованием запасов именно капиллярной воды путем уменьшения ее расхода на физическое испарение. Например, ранневесеннее покровное боронование почвы разрушает ее корку, капилляры и этим существенно сокращает потерю воды почвой.

Свободная вода, которая не удерживается капиллярами и передвигается вниз под воздействием силы тяжести, называется *гравитационной*. Различают гравитационную воду, просачивающуюся сверху вниз сквозь почвенно-грунтовую толщу, и гравитационную воду, накапливающуюся над водонепроницаемым горизонтом в виде грунтовой

воды. Гравитационная вода не только вызывает вынос или горизонтальную миграцию химических элементов, но и может обуславливать недостаток кислорода в почве.

Водные свойства. Основными водными свойствами почвы являются влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность.

Влагоемкость – способность почвы поглощать и удерживать определенное количество воды. Полная влагоемкость соответствует состоянию полной насыщенности почвы водой, когда все поры ею заполнены. Ее величина зависит от пористости почвы и рассчитывается по формуле: $W = P/V$, где W – полная влагоемкость (в % от сухой почвы); P – пористость (в % от объема почвы); V – плотность почвы (г/см^3).

Понятию *капиллярной влагоемкости* соответствует состояние насыщенности водой всех капилляров почвы. *Полевая влагоемкость* характеризуется наибольшим количеством подвешенной воды, которую может удерживать почва. В полевых условиях такое состояние увлажнения наблюдается после стока гравитационной воды при отсутствии подпора грунтовых вод. *Максимальная молекулярная влагоемкость* – это количество воды, удерживаемое силами молекулярного притяжения. Наименьшая влагоемкость почвы определяется содержанием в ней только пленочной воды.

Величина всех видов влагоемкости зависит от гранулометрического состава, структуры почвы, ее гумифицированности и возрастает с переходом от легких почв к тяжелым, от бесструктурных к структурным, от почв с низким содержанием гумуса к почвам хорошо гумусированным.

Водопроницаемость – способность почв впитывать и пропускать сквозь себя воду, поступающую с поверхности. Водопроницаемость может определяться временем, за которое вода проходит определенное расстояние по порам почвы сверху вниз. При поступлении воды в почву сначала происходит поглощение и прохождение ее от одного слоя к другому, не насыщенного водой. Потом, когда почвенные поры полностью наполнятся водой, начинается ее фильтрация сквозь толщу почвы.

Считается, что почва имеет хорошую водопроницаемость, если она пропускает за один час при напоре воды в 5 см и температуре 10 °С от 70 до 100 мм воды. Чрезмерно высокая водопроницаемость обуславливает высокую фильтрацию воды за границы корневой зоны. И наоборот, чрезмерно низкая может привести к застаиванию воды на поверхности почвы, стоку ее по склону, смыву и размыву почвы. Песчаные и супесчаные почвы более проницаемые для воды, чем суглинистые и глинистые. Водопроницаемость структурных почв более высокая по сравнению с бесструктурными.

Водоподъемная способность – способность почвы вызывать восходящее перемещение воды капиллярными силами. Они наиболее сильно проявляются в порах диаметром 0,1-0,003 мм; более мелкие поры заполнены связанной водой. Поэтому водоподъемная способность возрастает от песчаных почв к суглинистым и снижается в глинистых. Водоподъемная возможность может определяться временем, за которое вода проходит определенное расстояние снизу вверх (это способность выпаривания воды) или высотой поднятия воды. Максимальная высота поднятия воды над уровнем грунтовых вод для песчаных вод – 0,5-0,7 м, для суглинистых – 3-6 м. В структурных почвах капиллярная вода менее подвижна.

Благодаря капиллярным процессам и водоподъемной способности почв грунтовые воды участвуют в дополнительном обеспечении растений водой, восстановительных процессах и др. Количество воды в почве и преобладающее направление движения ее в вегетационный период характеризует особенности водного режима. Он определяется водным балансом (приход + расход воды). Водный режим представляет собой совокупность явлений поступления влаги в почву, продвижения, расхода. Количественную его характеристику показывают в виде водного баланса. Приходная часть баланса состоит из атмосферных осадков (A_o), притока грунтовых вод ($ГрП$), конденсированной воды

(К). Расход воды включает потерю воды при испарении (И), десукции (Д), различных видов стока – поверхностного (ПС), внутрипочвенного (ВПС), грунтового (ГрС).

Типы водного режима. В зависимости от баланса воды различают следующие типы водного режима: промывной, периодически промывной, непромывной, выпотной, водозастойный.

Промывной тип водного режима проявляется в условиях ежегодного промачивания всей почвенной толщи до грунтовых вод. Уравнение водного баланса для этого типа имеет следующий вид: $A_0 > И + Д + ПС + ВПС$. Промывной тип водного режима характерен для подзолистых и дерново-подзолистых почв.

Периодически промывной тип водного режима наблюдается на территориях, где средние многолетние показатели осадков и испарения примерно сбалансированы. Здесь в сухие годы происходит ограниченное промачивание почвы, а в мокрые – сквозное. Этот тип водного режима свойственен для почв лесостепей. Водообеспеченность почв здесь неустойчивая.

Непромывной тип водного режима встречается в почвах южных зон (сухие степи, черноземно-степная зона и др.). Вода осадков здесь распределяется только в верхних горизонтах и не достигает грунтовых вод. Уравнение водного баланса этого типа следующее: $A_0 = И + Д + ПС + ВПС$.

Выпотной тип водного режима наблюдается в условиях жаркого засушливого климата при неглубоком залегании грунтовых вод. Количество воды, которое расходуется на испарение, десукцию, значительно превосходит количество воды атмосферных осадков: $A_0 < И + Д$.

Водозастойный тип водного режима встречается в разных почвенно-климатических условиях, характерен для понижений рельефа, для мест с близким к поверхности уровнем грунтовых вод, при мерзлом грунте, как в тундре. Обуславливает заболачивание почв.

Общим критерием выделения типов водного режима может быть коэффициент увлажнения (КУ), представляющий собой отношение годовой суммы осадков к годовой потере воды при испарении. В разных природных зонах он колеблется от 0,1 до 3,0.

Таким образом, водный режим имеет большое значение в почвообразовании. В одних условиях он может определять вынос веществ из почвы, в других, наоборот будет содействовать их накоплению, формировать солончаки. Переувлажнение почвы может вызвать восстановительные процессы, накопление торфа и др.

Как недостаток, так и избыток воды отрицательно отражается на жизнедеятельности растений. Регулирование водного режима основывается на учете климатических и почвенных условий, биологических особенностей растений и осуществляется соответствующими мелиоративными приемами.

В естественных условиях с водным режимом почв теснейшим образом коррелирует и характер растительного покрова, его видовой состав. Экология этой зависимости позволяет говорить о болотной растительности, растительности заболоченных и водораздельных участков.

Лабораторная работа № 7

Физические свойства почвы

Цель работы – выполнить опыты по определению различных форм воды в почве, ее основных водных свойств.

Материалы и оборудование: электронные весы, бюкса для почвы, стеклянные трубки диаметром 2-3 см, длиной 15-20 см, высокие химические стаканы, линейки.

Лабораторную работу можно выполнить, используя в группах одни и те же образцы почвы (по вариантам), выполняя вначале задание 1, потом задание 3, затем задание 2.

Задание 1. Определить содержание гигроскопической влаги в почве.

Ход работы:

1. Отвесить на весах 5 г почвы.
2. Определить массу бюкса для почвы (P_0).
3. Перенести почву во взвешенный бюкс (P_1 – масса бюкса с почвой до высушивания) и поставить в сушильный шкаф на 1,5-2 часа (температура в шкафу должна составлять 100-105 °С). В процессе сушки нельзя открывать шкаф и ставить в него новые бюксы. После высушивания, извлечь бюкс из сушильного шкафа щипцами.
4. Охладить почву в эксикаторе (20-30 минут).
5. Определить массу бюкса с почвой после высушивания (P_2).
6. Вычислить содержание гигроскопической влаги по формуле

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_0} \cdot 100\%, \text{ где}$$

W – количество гигроскопической влаги, %;

P_1 – масса бюкса с почвой до высушивания, г;

P_2 – масса бюкса с почвой после высушивания, г;

P_0 – масса бюкса без почвы.

Задание 2. Определить полную влагоемкость почвы.

Ход работы:

1. Стекланную трубку диаметром 2-3 см, длиной 15 см с марлевой салфеткой взвесить на весах и определить ее массу (P_1).
2. Трубку заполнить измельченным материалом почвы до 10 см.
3. Определить массу трубки с почвой (P_2).
4. Трубку с почвой поместить в сосуд с водой так, чтобы уровень воды стал на 1 см выше почвы и выдерживают примерно 15 мин.
5. Извлечь из воды удалить избыток влаги и взвесить трубку с почвой (P_3).
6. Рассчитать количество воды, удержанное почвой по формуле

$$A = \frac{P_3 - P_2}{P_2 - P_1} \cdot 100\%, \text{ где}$$

A – количество воды, удерживаемое почвой, %;

P_1 – масса трубки, г;

P_2 – масса трубки с почвой, г;

P_3 – масса трубки с почвой после насыщения водой, г;

$P_2 - P_1$ – масса почвы, г;

$P_3 - P_2$ – масса воды, удержанная почвой после насыщения, г.

7. Используя значение (W) образца почвы, полученное в задании 1 (или определить содержание гигроскопической влаги, если взят другой образец почвы) и величину количества воды, удержанного почвой, рассчитать полную влагоемкость почвы по формуле:

$$W_{max} = W + A, \text{ где}$$

W – количество гигроскопической влаги, %;

A – количество воды, удержанное почвой, %.

Задание 3. Определить высоту капиллярного подъема воды в почве.

Ход работы:

1. В стекланную трубку диаметром 2-3 см, длиной 15 см с марлевой салфеткой, поместить исследуемую почву, заполнив ее измельченным материалом почвы до 10 см.

2. Трубку поставить в высокий химический стеклянный стакан. В стакан поместить линейку.

3. В колбу налить воды и подливать в стакан так, чтобы низ трубки был погружен в воду на 1 см (следить за изменением уровня воды и поддерживать напор в 1 см). Заметить время начала опыта.

4. Следить за высотой подъема воды в трубке через определенные промежутки времени (3, 5, 7, 10 минут).

5. Наблюдения записать в тетрадь по форме:

Время, мин.	Высота подъема воды, см		
	песок	супесь	суглинок
3			
5			
7			
10			

6. Построить графики изменения высоты капиллярного подъема со временем, где на горизонтальной оси разместить время в масштабе в 1 см – 1 мин, а на вертикальной – высоту капиллярного подъема воды в масштабе в 1 см – 1 см.

7. Проанализировать данные таблицы и полученные графики для почв разного гранулометрического состава по скорости и высоте капиллярного подъема воды.

ТЕМА 8. МОРФОЛОГИЯ ПОЧВ. ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

Теоретический материал

Почва является природным телом и, как и всякое природное тело характеризуется совокупностью внешних признаков – определенной морфологией. **Морфология почвы** – это внешний (наружный) узор почвы, который создается в результате перераспределения продуктов почвообразования. Морфологические признаки отражают состав, химические и физические свойства почвы. Позволяют отличить почву от породы, определить тип почвы, направленность и степень выраженности почвообразовательного процесса. Морфологические признаки почв можно квалифицировать как природные индикаторы экологического состояния почвы.

При определении почвы проводится описание морфологии каждого генетического горизонта с указанием следующих особенностей: индекс и название генетического горизонта, мощность, цвет и характер окраски, гранулометрический состав, структура, сложение, влажность, новообразования, включения, особенности смены границ между горизонтами. На основе морфологии каждого горизонта дается полное название почвы, которая складывается из последовательного указания таксономических (последовательных) единиц: тип – выделяется по одинаковому строению профиля и процессу почвообразования в одинаковых гидротермических условиях (подзол, чернозем и т.д.); подтип – учитывает дополнительные свойства, которые более характерны для других типов (подзолисто-глеевая, чернозем оподзоленный); род – по особенностям почвообразующих пород или степени гидроморфизма, или химизма грунтовых вод (карбонатный, засоленный, слабодифференцированный и т.д.); вид – по степени выраженности почвообразующего процесса (слабо-, средне-, сильнооподзоленная); разновидность – по гранулометрическому составу (песчаная, супесчаная и т.д.); разряд – по происхождению пород (моренные и аллювиальные); вариант – по степени окультуренности (слабо-, средне-, высокоокультуренные); форма – по степени развития эрозионных процессов (слабо-, средне- и сильноэродированные). Пример названия: дерново-подзолисто-глееватая слабооподзоленная, легкосуглинистая на моренном суглинке среднеокультуренная слабоэродированная.

Лабораторная работа № 8

Морфология почв. География почв

Цель работы – изучить строение почвенного профиля по монолитам (выделить генетические горизонты и описать их морфологические признаки), ознакомиться с содержанием и условными обозначениями почвенных карт, охарактеризовать почвы различных природных зон.

Материалы и оборудование: почвенные монолиты с ненарушенным профилем, почвенные карты.

Задание 1. Изучить строение почвенного профиля по монолитам (по вариантам), выделить генетические горизонты и описать их морфологические признаки. Результаты изучения записать в тетрадь по форме:

Горизонт	Мощность горизонта, см	Цвет	Гранулометрический состав	Структура	Плотность	Новообразования	Включения

Задание 2. Изучить различные почвенные карты различных масштабов (1:5 000 000, 1:600 000, 1: 10 000), ознакомиться с их содержанием и условными обозначениями. Описать почвенные карты по плану:

- 1) название;
- 2) масштаб;
- 3) способ показа на карте размещения почв;
- 4) ранг таксономической единицы, показанной на карте;
- 5) дополнительная информация, изображенная на карте и способы ее показа.

Задание 3. Изучить почвы различных природных зон по плану: общие условия почвообразования (размещение, факторы почвообразования), характеристика типов почв (процессы почвообразования, строение вертикального профиля, свойства почв (содержание гумуса, реакция pH_{KCl} , степень насыщенности основаниями и др.), использование и мероприятия по повышению плодородия). Подготовиться к тестированию по модулю 2 «География почв».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношко, В.С. География почв с основами почвоведения: учебник (с приложением СД) / В.С. Аношко, Н.К. Чертко. – Мн.: БГУ, 2011. – 271 с.
2. Белобров, В.П. География почв с основами почвоведения: учебник для студ. учреждений высш. пед. проф. образования / В.П. Белобров, И.В. Замотаев, С.В. Овечкин; под ред. В.П. Белоброва. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 384 с.
3. География почв Беларуси: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по спец. «География», «Геоэкология», «Геология и разведка полезных ископаемых» / Н.В. Клебанович [и др.]. – Минск: БГУ, 2011. – 184 с.
4. Иванова, Т.Г. География почв с основами почвоведения / Т.Г. Иванова. – М.: Юрайт, 2020. – 251 с.
5. Клебанович, Н.В. Почвоведение и земельные ресурсы: курс лекций для студентов специальности 1-31 02 01 География направление: 1-31 02 01-03 Геоинформационные системы / Н.В. Клебанович. – Минск: БГУ, 2013. – 373 с.
6. Куликов, Я.К. Почвенные ресурсы: учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по специальности «Биоэкология» / Я.К. Куликов. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 320 с.
7. Куликов, Я.К. Агроэкология: учебное пособие / Я.К. Куликов. – Минск: Выш. шк., 2012. – 319 с.
8. Куликов, Я.К. Почвенные ресурсы: практикум. – Минск: БГУ, 2018. – 135 с.
9. Пиловец, Г.И. География почв с основами почвоведения: Лабораторный практикум / Г.И. Пиловец, В.Л. Федотов. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005. – 33 с.
10. Пиловец, Г.И. География почв с основами почвоведения: курс лекций / Г.И. Пиловец, В.Л. Федотов. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005. – 157 с.

Учебное издание

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ

Методические рекомендации
к выполнению лабораторных работ

Составитель

ПИЛОВЕЦ Галина Ивановна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.В. Рудницкая

Подписано в печать 20.02.2025. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,47. Тираж 35 экз. Заказ 18.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.