

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт медицины, экологии и физической культуры
Экологический факультет
Кафедра лесного хозяйства

Г. А. Сатаров

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению
подготовки 35.03.01. «Лесное дело» уровень бакалавриата

Ульяновск, 2017

УДК 631.4(075.8)
ББК40.3я73
Н16

*Печатается по решению Ученого совета
Института медицины, экологии и физической культуры*

Ульяновского государственного университета

(протокол № 4/174 от 16.12.2015)

Рецензент - начальник отдела охраны и защиты леса, лесовосстановления и агротехнических мероприятий Министерства сельского, лесного хозяйства и природных ресурсов Ульяновской области
Рязанов Р. И.

Сатаров Г.А.

Н16.Почвоведение

Учебное пособие для студентов экологического факультета Ульяновского государственного университета, обучающихся по направлению подготовки 35.03.01. «Лесное дело» уровень бакалавриата / Г.А. Сатаров. - Ульяновск: УлГУ, 2017.- 59с. Учебное пособие предназначено для получения более глубоких знаний студентов по дисциплине «Почвоведение».

Изложенная в учебном пособии информация, включена в фонд оценочных средств высшего образования по данной дисциплине. Она должна быть использована для повышения уровня знаний по дисциплине «Почвоведение» при подготовке специалистов лесного хозяйства по направлению «Лесное дело» уровень бакалавриата.

УДК 631.4(075.8)
ББК40.3я73

© Сатаров Г.А., 2017

© Ульяновский государственный университет, 2017

Введение

Лабораторно-практические занятия по почвоведению являются одним из видов учебных занятий студентов экологического факультета, обучающихся по направлению подготовки 35.03.01. «Лесное дело» уровень бакалавриата.

Главным разделом программы лабораторных занятий по почвоведению является практическое знакомство студентов с почвообразовательным процессом и основными свойствами почв: гранулометрическим составом, структурой, физико-химическими свойствами, а также строением почвенных коллоидов и разными способами поглощения. Такого рода занятия являются необходимым дополнением к лекциям. Применение лабораторно-аналитических методов при изучении разных типов почв позволяет обнаружить и объяснить многие явления, имеющие большое значение при изучении дисциплины «Почвоведение».

При очень ограниченном объеме лекционных занятий и мало часов, отводимых на лабораторные занятия по почвоведению, согласно действующему плану, совершенно исключается возможность более сложных и длительных исследований и наблюдений. Поэтому приходится ограничиться только теми методами исследования почвы, которые доступны в полевой и учебной обстановке.

Задачи проведения лабораторно-практических работ по почвоведению:

1. Освоить методы определения типы почв по морфологическим признакам, а также оценки свойств почв по механическому составу, содержанию органического вещества, физико-химическим показателям и т.д.
2. Научиться интерпретировать полученные в результате лабораторной работы показатели и на основании их делать заключение об агрономическом состоянии почв.
3. Владеть навыками работы с реактивами, приборами, установками.

Процесс изучения дисциплины «Почвоведение» в соответствии с ФОС ВО направлен на формирование у бакалавров направлении «лесное дело» следующих компетенций:

-способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-2);

-обладать базовыми знаниями роли основных компонентов лесных и урбо- экосистем: растительного и животного мира, почв, поверхностных и подземных вод, воздушных масс тропосферы в формировании устойчивых, высокопродуктивных лесов (ОПК-4);

-знанием основных процессов почвообразования, экосистемные функции почвы, связи неоднородности почв с биоразнообразием, связи плодородия почв с продуктивностью лесных и урбо-биоценозов (ОПК-6);

-способностью воспринимать научно-техническую информацию, готовностью изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-12).

Тема 1. Предмет почвоведение, общие сведения о почве и факторах почвообразования. (семинар – интерактивная экскурсия)

Содержание темы: Почвообразование как процесс взаимодействия живых организмов и продуктов их жизнедеятельности с почвообразующей породой. Процессы синтеза и разрушения органических и минеральных веществ в почве. Взаимодействие, передвижение (миграция) и накопление продуктов почвообразования в почве. Большой геологический и малый биологический круговороты веществ в природе. Аккумуляция биогенных элементов в почве. Цикличность почвообразовательного процесса. Классификация почвообразовательных процессов. Формирование профиля, генетических горизонтов почвы.

Почвы образуются из горных пород. Но до тех пор, пока на горных породах, выходящих на дневную поверхность, не поселятся живые организмы, в породах протекают только процессы выветривания. Образующиеся при этом продукты выветривания, содержащие зольные элементы питания растений, вымываются водой атмосферных осадков, переносятся поверхностными и грунтовыми водами в моря и океаны, где полностью или частично осаждаются. Через продолжительный промежуток времени морские осадочные породы в результате тех или иных геологических процессов могут стать сушей и вновь подвергнуться действию факторов выветривания. Этот круговорот веществ, совершающийся между сушей и океаном, принято называть большим, или геологическим, круговоротом.

Горные породы превращаются в почвы в результате двух совместных и одновременно протекающих процессов — выветривания и почвообразования; последнее возникает и развивается только под воздействием живых организмов, главным образом высших растений и микроорганизмов.

Корни растений, поселившихся на горной породе, проникают в нее на значительную глубину, охватывают большой ее объем, из которого извлекают рассеянные элементы зольного питания (фосфор, серу, кальций, магний, калий и другие элементы), а также азот, появление которого в породе является результатом биохимической деятельности микроорганизмов. Используя углекислоту воздуха, воду, зольные элементы, азот и лучистую энергию солнца, растения синтезируют органическое вещество. Остатки отмерших растений, в составе которых содержатся зольные элементы, откладываются на поверхности породы и в верхнем ее слое. Они служат источником пищи и энергии для микроорганизмов.

В процессе микробного разложения органические остатки частью превращаются в новые органические вещества — гумусовые, которые медленно разрушаются микроорганизмами и поэтому накапливаются в верхнем слое породы, частью минерализуются с освобождением элементов азотного и зольного питания. Последние переходят в раствор, образуют новые менее подвижные соединения с минеральной частью почвы и гумусовыми веществами, поглощаются корнями новых поколений растений и т. д..

Таким образом, рассеянные в породе зольные элементы, а также азот, под воздействием высших растений и микроорганизмов концентрируются, проходит ряд биохимических превращений, и в новой, менее подвижной, форме накапливаются в верхнем слое породы. Следовательно, между растениями и горными породами, превращающимися в почвы, возникает круговорот зольных элементов и азота, осуществляющийся непрерывно идущими процессами синтеза и разрушения органических веществ. Следствием его является постепенное

накопление (биологическая аккумуляция) в верхнем слое породы одного из факторов почвенного плодородия — элементов минеральной и азотной пищи.

Данный круговорот веществ В. Р. Вильямс предложил называть малым биологическим. По своей сущности он противоположен геологическому круговороту, поскольку растворимые продукты выветривания и минерализации органических веществ перехватываются растениями в качестве пищи и тем самым частично или полностью задерживаются в породе, концентрируясь в ее верхнем слое. Накопление в верхнем слое породы, превращающейся в почву, биологически активных, или жизненно необходимых, элементов обусловлено присущей растительным организмам избирательной поглотительной способностью.

Биологический круговорот веществ, возникший на определенной стадии развития нашей планеты, на фоне геологического круговорота, не является полностью замкнутым или сбалансированным циклом. Часть питательных элементов, освобождающихся при разложении минеральных и органических веществ, которые растения не успевают использовать, может вымываться из почвы атмосферными водами в грунтовый поток и поступать в геологический круговорот.

Биологический круговорот, являясь основой почвообразования, не исчерпывает всего его содержания. С ним связано поступление в верхние слои породы, превращающейся в почву, не только минеральных веществ, но и органических, богатых химической энергией, которая представляет собой трансформированную в процессе фотосинтеза лучистую энергию солнца. При разложении органических веществ отмерших растений химическая энергия освобождается, переходит в другие формы энергии и расходуется на развитие процессов, которые не могли возникнуть без органического вещества в горной породе. Однообразная минеральная масса горной породы постепенно приобретает новый состав, строение, свойства и обособляется в особое природное тело — почву.

Процессы, протекающие одновременно и взаимообусловленно, в результате которых горная порода приобретает характерные признаки почвы, следующие:

1) различные превращения минералов породы, приводящие к образованию новых минералов и освобождению в подвижной форме элементов зольного питания растений;

2) накопление на поверхности породы и в верхних ее слоях остатков растений и животных, минерализация и превращение их гумусовые вещества (гумификация), сопровождающиеся освобождением и аккумуляцией элементов зольного и азотного питания;

3) взаимодействие минеральных и органических веществ, образование органо-минеральных соединений разной степени подвижности;

4) перемещение и осаждение минеральных, органических и органо-минеральных продуктов почвообразования в почвенной толще.

Минералы, входящие в состав почвы, разрушаются более интенсивно, чем в породах земной коры, так как в протекающем при почвообразовании выветривании принимают участие различные низкомолекулярные органические и гумусовые кислоты, а также выделяемая корнями и микроорганизмами углекислота. В результате в почве непрерывно возникает ряд первичных продуктов выветривания в водорастворимой и коллоидной формах.

Одновременно благодаря непрерывному поступлению в почву органических остатков и биохимическому превращению их в почве всегда присутствуют исходные органические вещества, промежуточные и конечные продукты их минерализации и гумификации.

Между продуктами выветривания минералов, минерализации и гумификации органических остатков непрерывно протекают сложные процессы взаимодействия, в результате чего образуются новые соединения, совершенно не свойственные рыхлой горной породе, не затронутой почвообразованием. Они играют важную роль в формировании почвы и ее плодородия. Такие соединения получают главным образом в результате взаимодействия минеральных веществ и гумусовых кислот.

Соли некоторых гумусовых кислот со щелочноземельными металлами, особенно кальцием, нерастворимы в воде. Поэтому они осаждаются в форме гелей на месте образования, обволакивают пленками минеральные части почвы, склеивают и цементируют их, накапливаются в мелких полостях и порах между частицами. При взаимодействии гумусовых кислот с гидроокисями алюминия и железа образуются **комплексные** алюмо- и железо-гумусовые соединения, подвижность которых обусловлена природой гумусовых кислот, составом катионов почвенного раствора и содержанием полуторных окислов. При взаимодействии гумусовых веществ с высокодисперсными глинистыми минералами формируются сложные органо-минеральные образования. Состав этих комплексных коллоидов непостоянен, степень дисперсности их неодинакова, поэтому они с разной прочностью закрепляются на поверхности более крупных частиц.

Продукты взаимодействия минеральных и органических веществ, передвигаясь в толще рыхлой породы, превращающейся в почву. И в форме молекулярных и коллоидных растворов осаждаются на различных глубинах. В результате однообразная вначале материнская порода дифференцируется на ряд слоев, неодинаковых по химическому и механическому составу, физическим свойствам и внешним признакам. Эти слои получили название почвенных горизонтов.

Максимальное накопление гумусовых веществ происходит в верхнем горизонте, поэтому он называется гумусовым. В зависимости от характера почвообразования гумусовые вещества накапливаются и в виде различных соединений и комплексов с минеральной частью почвы. Во всех случаях значительной аккумуляции гумуса верхний горизонт почвы обогащается и приобретает черную, темно-бурую или серую окраску и рыхлость, связанную с образованием структурных комочков. С накоплением гумуса в почве увеличивается содержание питательных для растений элементов, возрастает обменное поглощение катионов, играющих большую роль в почвообразовании, процессе питания растений, технологии обработки почв.

При сквозном промывании почвы водой, а, следовательно, и обеднении почвенного раствора основаниями, в том числе и кальцием, минеральные, органические и органо-минеральные гели становятся неустойчивыми, они диспергируются водой и в виде илестых суспензий выносятся из верхних слоев. Если при этом почвенный раствор содержит в значительных количествах агрессивные гумусовые кислоты, то происходит энергичное разрушение первичных и вторичных алюмо- и феррисиликатов и образование комплексных соединений гумусовых кислот с R_2O_3 , подвижных в кислой среде. В результате горизонт резко обедняется основаниями, полуторными окислами и отчасти кремнеземом. Он теряет характерную для рыхлых пород окраску (бурую, красно-бурую и пр.), обесцвечивается и становится светло-серым, белесым, в нем относительно увеличивается содержание частиц крупных фракций. Горизонт, где происходят указанные процессы, получил название горизонта вымывания, или элювиального (eluo — вымываю).

На некоторой глубине почвенной толщи происходит частичное или полное осаждение вымываемых сверху илестых суспензий, коллоидально

растворимых соединений, а также солевых продуктов выветривания и почвообразования. Здесь же может проходить вторичный синтез новых минералов (в частности, глинистых) путем взаимодействия поступающих веществ. Закрепление различных веществ может осуществляться в силу разных причин: в связи с изменениями в почвенном растворе реакции, состава катионов, концентрации, при взаимном свертывании противоположно заряженных коллоидов, дегидратации их в результате разнообразных явлений, поглощения. Соли выносятся глубже. Выпадение солей в осадок идет в порядке уменьшения их растворимости: первыми осаждаются наименее растворимые карбонаты кальция и магния, далее следует осаждение сульфата кальция и сульфатов щелочей и хлоридов. Часть солей, а также гумусовых веществ может быть вовсе вымыта из почвы.

Минеральные соли могут поступать в почву из глубоких слоев, с поднимающимися вверх по капиллярам грунтовыми водами.

Горизонты, где осаждаются вещества, поступающие из вышележащих слоев почвы или снизу из горных пород коры выветривания, называются иллювиальными (iluo — вмываю).

Ниже иллювиального горизонта располагается внешне слабо затронутая почвообразованием материнская порода. Все указанные почвенные горизонты связаны между собой общностью происхождения, поэтому их называют генетическими почвенными горизонтами.

В условиях избыточного увлажнения и содержания растворимых органических веществ протекает восстановление ряда минеральных соединений, главным образом железа из окисных форм в закисные. Этот процесс называют оглеением, а слой почвы, в котором он протекает, — глеевым горизонтом. Оглеение сопровождается изменением первоначальной окраски горизонта в сизую.

Таким образом, в процессе развития почва приобретает характерное для нее строение, которое выражается в чередовании различных по составу, свойствам и внешним признакам генетических горизонтов, отличных от слоев подстилающих горных пород. Совокупность генетических горизонтов образует генетический профиль почвы.

Одновременно с развитием почвы растет ее плодородие, т. е. способность обеспечивать растения пищей, водой и другими условиями жизни. Количество питательных веществ, доступных корням растений, постепенно увеличивается за счет включения в биологический круговорот зольных элементов, освобождающихся при выветривании минералов, и азота атмосферы, ассимилируемого почвенными азотфиксирующими микроорганизмами. По мере накопления гумуса в форме различных его соединений с минеральной частью возрастает способность почвы поглощать ряд питательных веществ и удерживать их от вымывания. Параллельно с этим изменяются физические свойства почвенной массы: увеличивается рыхлость, воздухо- и водопроницаемость, влагоемкость и др. В результате в почве возрастает содержание доступной растениям влаги, следовательно, количественно увеличивается второй фактор плодородия и одновременно улучшаются общие условия почвенной среды для жизни корней растений и микроорганизмов.

Из всего сказанного становится ясно, что почвообразование представляет собой сложный процесс. Он складывается из разнообразных по своей природе явлений — механических, физических, физико-химических и биологических.

А. А. Роде дал следующее понятие почвообразовательного процесса: *«Между приземным слоем атмосферы, верхним слоем земной коры, поверхностными и подземными водами и живыми организмами непрерывно происходит круговорот веществ и энергии, в которых принимает участие также лучистая энергия солнца. Почвообразовательный процесс является той частью этого круговорота, которая представляет собой совокупность совершающихся в верхних слоях коры выветривания явлений превращения и перемещения веществ и энергии».*

Почвообразовательный процесс протекает непрерывно, вследствие чего также непрерывно изменяется состав и свойства почвы.

Почвообразовательный процесс складывается из различных и противоположно направленных явлений: *синтеза и разрушения органических соединений;*

синтеза и разрушения минералов;

аккумуляции органических и минеральных веществ и их вымывания и т. д.

Так как почвообразовательный процесс совершается при обязательном участии живых организмов, можно сказать, что образование почв началось тогда, когда появились жизнь на Земле. Этому предшествовали процессы физического и химического выветривания плотных горных пород, находящихся на земной поверхности. В тонкой поверхностной корочке выветривающейся плотной горной породы поселились первые живые организмы (микроорганизмы) и начался почвообразовательный процесс, который получил название *первичного почвообразовательного процесса*.

С тех пор прошли миллионы лет. Плотные горные породы в результате выветривания превратились в рыхлые осадочные обломочные горные породы. На них также образовывались почвы, но в результате геологической деятельности ветра, моря, ледников, талых и дождевых вод и т. д. они уничтожались, перемешивались с рыхлыми массами пород и откладывались в виде новых осадочных обломочных пород. Эти процессы совершались многократно. Почвообразовательный процесс на них начинался снова, но постепенно в таких породах стали отчетливо проявляться «почвенные» признаки, которые получили развитие при современном почвообразовании.

В каждой природной зоне в зависимости от конкретных природных условий, названных В. В. Докучаевым факторами почвообразования—растительности и животных организмов, климата, материнских пород, рельефа и продолжительности течения процессов почвообразования, сформировались разные как по внешнему виду, так и по уровню плодородия почвы.

Вопросы к теме:

1. Морфологические свойства почв.
2. Типы почвенных агрегатов и критерии их разделения.
3. Строение почвенного профиля.
4. Характеристика основных генетических горизонтов

Результаты работы:

После изучения данной темы студент должен знать почвообразовательный процесс, который складывается из различных и противоположно направленных явлений: синтеза и разрушения органических соединений.

Тема 2. Состав минеральной части почвы. (семинар – круглый стол).

Цель: Изучить состав минеральной части почвы.

Содержание темы:

Минеральная часть почв в подавляющем большинстве случаев составляет 55- 60 % ее объема и до 90-97 % массы. Общее число минералов, находящихся в почвах и почвообразующих породах, исчисляется сотнями. Каждый минерал обладает определенным химическим составом и имеет характерное для него внутреннее строение, то есть определенное расположение атомов в кристаллической решетке. Все минералы почв и почвообразующих пород делятся на три основные группы:

1. Первичные минералы, оставшиеся неизменными после разрушения массивно-кристаллических пород литосферы Земли;
2. Вторичные глинистые минералы и окислы, образовавшиеся главным образом в результате комплекса процессов выветривания и почвообразования из первичных минералов и продуктов их разрушения;
3. Растворимые минералы – соли, которые могут находиться в почвенном растворе и в сухих условиях переходить в твердую фазу почвы.

Все первичные и вторичные минералы по отношению к почве являются остаточными, т.е. унаследованными от почвообразующей породы.

Первичные минералы — основная группа веществ почвы и коры выветривания, являющихся исходным материалом для образования тонкодисперсных вторичных минералов. Первичные минералы почти целиком сосредоточены в гранулометрических фракциях размером более 0,001 мм. В почвах и почвообразующих породах наиболее распространены следующие группы первичных минералов: полевые шпаты, силикаты, кварц, слюды, апатит.

К вторичным минералам относятся глинистые минералы, минералы оксидов кремния, железа, алюминия и марганца, а также минералы простых солей.

Химический состав почв и почвообразующих пород. Все существующие почвы на Земле произошли из горных пород, поэтому очевидно, что в процессе почвообразования они принимают самое непосредственное участие. Наибольшее значение имеет химический состав горной породы, поскольку минеральная часть любой почвы содержит в себе, в основном, те элементы, которые входили в состав материнской породы. Большое значение имеют и физические свойства материнской породы, поскольку такие факторы как гранулометрический состав породы, ее плотность, пористость, теплопроводность самым непосредственным образом оказывают влияние не только на интенсивность, но и на характер протекающих почвообразовательных процессов.

Содержание основных химических элементов в почве: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg.

Почвенный раствор. Основные химические и биологические процессы в почве совершаются только при наличии воды. Почвенная вода – среда, в которой осуществляется миграция и дифференциация химических элементов в процессе почвообразования. Почвенным раствором называют почвенную воду, т.к. многие вещества содержатся в свободной воде в виде истинных или коллоидных растворов.

Большая часть соединений находится в почвенном растворе в виде ионов.

Основные анионы: $[\text{HCO}_3^-]$ – , $[\text{NO}_2^-]$ – , $[\text{NO}_3^-]$ – - поступают в результате биологических процессов; $[\text{PO}_4^-]$ – , $[\text{Cl}^-]$ – , $[\text{SO}_2^-]$ – – поступают в результате соответствующих минералов и при разрушении растительных остатков; $[\text{HCO}_3^-]$ – – основной в растворе незасоленных почв; $[\text{Cl}^-]$ – , $[\text{SO}_2^-]$ – – основные в растворе засоленных почв.

Основные катионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и т.д.

В почвенном растворе постоянно присутствуют водорастворимые органические соединения – фульвокислоты, органические кислоты, аминокислоты, сахара, спирты и другие соединения. Состав и концентрация почвенного раствора обуславливают его активную реакцию (актуальная кислотность) – это концентрация в растворе ионов водорода. Выражается показателем pH.

С процессами ионного обмена связано такое важное свойство почв как их буферность – способность почвы противостоять изменению концентрации и реакции почвенного раствора.

АГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОМ Н. И. САВВИНОВА

Целью агрегатного анализа является установление относительного содержания в почве не частиц, а агрегатов. Поэтому при проведении агрегатного анализа почву нельзя растирать и даже сильно встряхивать во избежание разрушения почвенных агрегатов.

Оборудование: стандартный набор сит, лабораторные весы, почвенные образцы 1, 2; Разделение агрегатов производится при помощи стандартного набора сит.

- 1) определение содержания агрегатов того или иного размера в пределах 0,25-10 мм;
- 2) выявление количества водопрочных агрегатов из выделенных структурных отдельностей.

Количество агрегатов определенного размера находят методом «сухого» агрегатного, а водопрочных агрегатов — методом «мокрого» агрегатного анализа.

Ход работы:

Метод «сухого» агрегатного анализа.

Из образца не растертой воздушно-сухой почвы берут среднюю пробу 0,5—2,5 кг. Осторожно выбирают корни, гальку и другие включения. Среднюю пробу просеивают через колонку сит с диаметром 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. На нижнем сите должен быть поддон.

Почву просеивают в несколько приемов, порциями (100-200 г), избегая сильных встряхиваний. Когда сита разъединяют, каждое из них слегка постукивают ладонью по ребру, чтобы освободить застрявшие агрегаты. Агрегаты с сит переносят в отдельные фарфоровые или алюминиевые чашки. Когда всю среднюю пробу просеют и разделят на фракции, каждую фракцию взвешивают на техномических весах и рассчитывают ее содержание в % от массы воздушно-сухой почвы по формуле:

$$X = A * 100 / P, \text{ где}$$

A - масса структурных отдельностей данной фракции;

P - масса почвы, взятой на просеивание.

Результаты записывают по следующей форме (табл.1).

Таблица 1. Процентное содержание в почве структурных отдельностей

Показатели	Более 10 мм	10-7 мм	7-5 мм	5-3 мм	3-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	Менее 0,25 мм
Масса фракции, г									
Содержание фракции, %									

Оценка результатов определения.

Прежде всего, следует установить процентное содержание в почве структурных агрегатов размером 1.0 -7.0 мм. Это определяется суммированием процентного содержания в почве фракций 2-1 мм, 3-2 мм, 5-3 мм, 7-5 мм. Чем больше в почве будет содержаться структурных отдельностей указанного размера, тем она лучше:

- почвы с хорошей структурой содержат агрегатов размером от 1 до 7 мм > 80 %;

- почвы со средней структурой — от 50 до 80 %;
- почвы с плохой структурой - менее 50 %;
- почвы бесструктурные — от 5 до 10 %.

При оценке результатов структурного анализа следует принимать во внимание размер преобладающей фракции. Если преобладают структурные отдельности размером более 10 мм, то такая почва имеет глыбистый характер, если преобладает фракция размером менее 0,25 мм, то почва чрезвычайно распылена.

По результатам анализа сделайте и запишите вывод.

Метод «мокрого» агрегатного анализа.

Оборудование: семь стеклянных чашек, стеклянная палочка, образцы просеянных почв.

Ход работы:

1. После ситового анализа структуры почвы из каждой фракции агрегатов, кроме двух последних (0,5-0,25 мм и мельче 0,25 мм), возьмите по 10 агрегатов.
2. Поместите в чашки структурные отдельности, равномерно распределив их по дну чашки на одинаковом расстоянии.
3. Налейте в семь чашек воду высотой около 2 см.
4. Оставьте чашки стоять 10-15 мин.
5. По истечении этого времени осторожно переместите каждый агрегат стеклянной палочкой. При этом подсчитайте число сохранившихся и разрушившихся агрегатов, результаты запишите в таблицу.
6. Вычислите процент водопрочных агрегатов по формуле

$$A = a * 100 / v,$$

где *A* — содержание водопрочных агрегатов в данной фракции, %;

a — количество сохранившихся агрегатов, шт.;

v - количество взятых для анализа агрегатов, шт.

Результаты запишите в таблицу 8.

Таблица 2. Содержание в почве водопрочных агрегатов

Показатели	Более 10 мм	10 - 7 мм	7-5 мм	5-3 мм	3-2 мм	2-1 мм	1-0,5 мм
Взято агрегатов для определения, шт.							
Сохранилось агрегатов после 10-15 мин размачивания.							
Процентное содержание водопрочных агрегатов во фракции.							

7. Сделайте вывод и запишите его в тетрадь.

Вопросы к теме:

1. Типы выветривания горных пород и их особенности
2. Основные почвообразующие породы и их свойства
3. Элементный состав почв и почвообразующих пород
4. Основные виды и особенности строения первичных минералов
5. Основные виды и особенности строения вторичных минералов

Результаты работы:

После изучения данной темы студент обязан знать состав минеральной части почвы.

Тема 3. Кейс «Определение состава органического вещества почвы».

Цель: Усвоить современные методы определения органического вещества почвы.

Кейс – задание

1. Изучить метод определения гумуса почв по И.В. Тюрину
2. Определить состав и свойства органического вещества почвы
3. Нарисовать принципиальную схему строения гумусовой молекулы
4. Изучить особенности строения и свойств гуминовых и фульвокислот
5. Рассмотреть механизмы гумусообразования
6. Определить круговорот органического вещества, и составить баланс гумуса почв в лесном массиве.

Содержание темы: Гумусом почвы называют сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве.

Гумус содержит обширную группу негумифицированных веществ, органических остатков и продуктов их распада, а также группу гумусовых веществ, составляющих главную и специфическую часть гумуса.

Существующие методики позволяют определять как отдельные группы гумусовых веществ, так и суммарное их содержание.

При определении суммарного содержания гумуса учитывают все формы органического вещества почвы. Поэтому при подготовке ее к анализу тщательно отбирают корешки и все видимые органические остатки с тем, чтобы по возможности исключить органические вещества негумусовой природы.

Классический метод определения гумуса почвы разработан русским ученым Г. Г. Густавсоном. Этот метод основан на сухом сжигании гумуса до углекислого газа при прокаливании почвы. Углекислый газ (CO_2) собирают, взвешивают и по его количеству вычисляют содержание гумуса. Однако метод Густавсона дает повышенные показатели, поэтому в настоящее время в практике лабораторных работ для определения гумуса минеральных почв применяют метод Кнопа — Сабанина и метод Тюрина. Они основаны на сжигании органического вещества мокрым способом (кислотой). Для вычисления количества органического вещества в торфяных почвах определяют потери при прокаливании.

Определение гумуса методом И. В. Тюрина

Метод Тюрина отличается простотой, точностью и быстротой определения гумуса. Его широко применяют при массовых анализах почв. Этот метод основан на окислении гумуса 0,4 н. раствором двуххромовокислого калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), приготовленного на серной кислоте, разведенной в воде в объемном соотношении 1:1. По количеству хромовой кислоты, пошедшей на окисление гумуса, судят о его количестве. Однако этот метод, широко используемый в нашей зоне, имеет некоторые ограничения. В частности, этим методом нельзя определять гумус в почвах, сильно засоленных хлоридами, а также в почвах, содержащих закисное железо и большое количество марганца (получаются завышенные результаты). Карбонаты в почве мешают определению гумуса.

Ход анализа. 1. Из подготовленной для определения гумуса и азота почвы берут навеску на аналитических весах. Величина ее зависит от содержания гумуса в анализируемой почве: чем больше в ней гумуса, тем меньше навеска.

Содержание гумуса (в %)	Навеска (в г)
>10	0,1
10—5	0,2
5—1	0,3
1—0,5	0,4
<0,5	0,5

При взвешивании на аналитических весах навеску почвы следует брать во взвешенную сухую пробирку.

2. Навеску почвы высыпают осторожно, не распыляя, на дно конической колбы объемом 100 мл.
3. Приливают в колбу с почвой из бюретки точно 10 мл* 0,4 н. раствора двуххромовокислого калия, растворенного в серной кислоте, и содержимое осторожно перемешивают круговым движением колбы.
4. В горло колбы вставляют маленькую воронку, которая служит холодильником, ставят колбу на асбестовую сетку и нагревают жидкость на слабом пламени газовой горелки (или на электрической плитке). По мере нагревания из жидкости выделяются мелкие пузырьки CO_2 , которые при закипании жидкости (через 3—5 минут) будут более крупными.

Отмечают начало закипания, и умеренное кипячение продолжают 5 мин. Следят за колбой и не допускают бурного кипения, сопровождающегося выделением паров через воронку. При сильном и продолжительном кипячении увеличивается концентрация серной кислоты, что может привести к разложению хромовой кислоты, а отсюда и к неверным результатам анализа.

5. После кипячения колбе дают остыть, и ее содержимое переносят в колбу емкостью 500 мл. Сначала обмывают и вынимают воронку, а затем наливают в колбу на 100 мл дистиллированной воды и содержимое переливают в большую колбу на 500 мл, куда предварительно наливают около 100 мл дистиллированной воды. После этого маленькую колбу несколько раз ополаскивают водой, выливая ее каждый раз в большую колбу, пока в ней не соберется около 300 мл раствора.

6. К полученному в большой колбе раствору прибавляют 10 капель 85%-ной фосфорной кислоты и 8 капель дифениламина, все тщательно перемешивают и оттитровывают остаток хромовокислого калия (хромовой кислоты), 0,2 н. раствором соли Мора до перехода цвета раствора из бурого в зеленый. В начале титрования жидкость приобретает темно-бурую окраску, которая переходит в интенсивно-синюю, а в конце титрования — серовато-зеленоватую. При небольшом избытке соли Мора жидкость приобретает ярко-зеленую окраску. До перехода бурой окраски в синюю соль Мора надо приливать небольшими порциями, а после появления синей окраски и до ее перехода в зеленую — по каплям, тщательно перемешивая раствор в том и другом случае.

7. Дифениламин прибавляют как индикатор, а фосфорная кислота, устраняя влияние ионов окисного железа, обуславливает резкий переход синей окраски в зеленую.

По окончании титрования отмечают и записывают число миллилитров соли Мора, пошедшей на титрование остатка хромовокислого калия.

При нагревании хромовокислого калия в серной кислоте в присутствии гумуса почвы происходит окисление последнего до CO_2 :



При титровании солью Мора избытка хромовокислого калия (не израсходованного на окисление гумуса) происходит реакция:



8. Устанавливают, сколько соли Мора идет на титрование 10 мл раствора хромовокислого калия в серной кислоте (холостое определение)*.

* 10 мл раствора хромовокислого калия выливают в полулитровую колбу. Добавляют 300 мл дистиллированной воды, фосфорной кислоты и дифениламина в таких же количествах, как и при определении гумуса, и титруют солью Мора до приобретения раствором грязно-зеленого цвета.

Так как соль Мора готовят вдвое слабее (0,2 н.), то на 10 мл 0,4 н. хромовокислого калия ее идет обычно около 20 мл.

Содержание гумуса вычисляют по формуле:

$$A = [(a - b) K_m * 100 \cdot 0,0010362 * K_{H_2O}] / G$$

Где A - содержание гумуса (в % массы сухой почвы);

a — содержание соли Мора, пошедшее на холостое титрование 10 мл хромовокислого калия (пункт 8);

b — количество соли Мора, пошедшее на титрование остатка хромовокислого калия (пункт 7);

K_m — поправка к титру соли Мора;

0,0010362 — коэффициент пересчета на гумус, так как 1 мл 0,2 н. соли Мора соответствует указанному количеству гумуса;

K_{H_2O} — коэффициент гигроскопичности для пересчета на сухую почву;

G — навеска воздушно-сухой почвы (в г).

Реактивы:

1. 0,4 н. раствор двуххромовокислого калия в разбавленной серной кислоте (1 : 1).
2. 0,2 н. раствор соли Мора.
3. 85%-ный раствор ортофосфорной (H_3PO_4) кислоты.
4. Раствор дифениламина ($C_{12}H_{11}N$) в серной кислоте.

Определение гумуса по И.В. Тюрину в модификации В. Н. Симакова

В модификации В. Н. Симакова определение гумуса с начала и до момента окончания пятиминутного кипячения ведут так же, как и по Тюрину (пункты 1, 2, 3, 4). После кипячения колбе дают остыть. Из промывалки обмывают дистиллированной водой воронку и стенки колбы, доведя в ней объем до 30—40 мл. Добавляют в колбу 4—5 капель 0,2%-ного раствора фенилантраниловой кислоты и титруют 0,2 н. раствором соли Мора. Конец титрования определяют переходом вишнево-фиолетовой окраски в зеленую окраску.

Вычисляют результаты анализа и холостого титрования так же, как и по Тюрину.

Результаты работы:

По мере освоения данной работы студент должен знать основные классические методы определения органического вещества почвы.

Тема 4. Организация твердой фазы почвы. Механический состав и структура почвы, физические, физико-механические свойства почв.

(семинар - круглый стол).

Цель: Изучить гранулометрический состав и структуру лесных почв.

Содержание темы:

Гранулометрический состав. Классификация почв по гранулометрическому составу.

Влияние гранулометрического и минералогического состава материнских пород на почвообразование и плодородие.

Структура почвы. Понятие о структурности и структуре почвы. Виды структуры почвы. Основные показатели структуры почвы (форма, размеры, водопрочность, связность, порозность, набухаемость). Агрономически ценные виды структуры.

Факторы, условия и механизм формирования агрономически ценной структуры (минеральные и органические коллоиды, поглощенные катионы, влага, механическая обработка, температура). Влияние структуры на водно-воздушный, питательный и другие режимы почв. Мероприятия по созданию и поддержанию агрономически ценной структуры почвы.

Свойства механических элементов твердой фазы почв и почвообразующих пород, химический и минералогический составы почвы меняются от их размера довольно отчетливо. Что послужило основанием для разделения их на группы или фракции. Такая группировка называется классификацией механических элементов почвы.

Наибольшее признание получила классификация механических элементов Качинского.

Таблица 1. Классификация механических элементов по Н.В. Качинскому

Названия фракций механических элементов	Размеры фракций, мм
Камни	>3
Гравий	3-1
Песок: крупный	1-0,5
средний	0,5-0,25
мелкий	0,25-0,05
Пыль: крупная	0,05-0,01
средняя	0,01-0,005
мелкая	0,005-0,001
Ил: грубый	0,001-0,0005
тонкий	0,0005-0,0001
коллоиды	< 0,0001

Охарактеризуем главнейшие особенности фракций механических элементов с агрономической точки зрения.

Камни (>3 мм) — обломки горных пород и минералов, водопроницаемость провальная, элементы питания находятся в труднодоступной форме.

Гравий (3—1 мм)— обломки первичных минералов, водопроницаемость провальная, водоподъемная способность отсутствует, влагоемкость очень низкая (< 3 %), элементы питания растений в труднодоступной форме.

Песок (1—0,05 мм) — обломки первичных минералов, среди которых преобладают кварц и полевые шпаты; по мере уменьшения диаметра частиц песка возрастает содержание кварца как минерала, более устойчивого к выветриванию; водопроницаемость высокая, низкая водоподъемная способность (от 2...3 до 50 см) и низкая влагоемкость (3—10 %).

Пыль крупная (0,05—0,01 мм) — близка по минералогическому составу к фракциям песка, но водные свойства несколько лучше, после дождя и последующего высыхания заплывают с образованием поверхностной корки, отрицательно влияющей на водно-

воздушные свойства пахотного горизонта, что может привести к гибели всходов растений; устраняется все это боронованием.

Пыль средняя и мелкая (0,01—0,001 мм) — в этих фракциях по сравнению с крупной пылью уменьшается количество кварца и полевых шпатов, особенно в мелкой пыли (в мелкой пыли больше содержится слюд, роговой обманки, характерно наличие вторичных минералов и гумусовых веществ). Частицы средней пыли практически не участвуют в структурообразовании, а частицы мелкой пыли способны к коагуляции и структурообразованию; влагоемкость и водоподъемная способность высокие; водопроницаемость низкая.

Ил (< 0,001 мм) — в илистой фракции первичных минералов мало, среди них кварц, ортоклаз, мусковит; ил состоит в основном из высокодисперсных вторичных минералов, глинистых минералов, гумусовых веществ. Он обладает высокой поглотительной способностью, способностью к коагуляции и склеиванию механических элементов в агрегаты; коллоидная фракция ила играет главную роль в физико-химических почвенных процессах; ил является средоточием элементов питания растений; богат оксидами железа и алюминия; влагоемкость очень высока; водопроницаемость и водоподъемная способность минимальные.

Частицы твердой фазы почвы крупнее 1 мм (камни и гравий) называют *скелетной частью*, а менее 1 мм — *мелкоземом*.

Отдельные группы механических элементов по-разному влияют на свойства почвы. Это объясняется неодинаковым их минералогическим и химическим составом и разными физическими и физико-химическими свойствами.

Относительное содержание в почве или породе механических элементов называется механическим составом, а количественное определение их — механическим анализом.

Все почвы и породы по механическому составу можно объединить в несколько групп с характерными для них физическими и химическими свойствами.

Одну из первых научных классификаций почв по механическому составу дал профессор Н. М. Сибирцев, которая основана на соотношении глины к песку.

Таблица 2. Классификации почв по механическому составу

Название почвы	Содержание физической глины (частиц <0,01 мм) (в %)			Содержание физического песка (частиц >0,01 мм) (в %)		
	подзолистого типа почвообразования (не насыщенные основаниями)	степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	солонцы и сильносолонцеватые	подзолистого типа почвообразования (не насыщенные основаниями)	степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	солонцы и сильносолонцеватые
Песок: рыхлый	0—5	0—5	0—5	100—95	100—95	100—95
Песок: связный	5—10	5—10	5—10	95—90	95—90	95—90
Супесь	10—20	10—20	10—15	90—80	90—80	90—85
Суглинок: легк.	20—30	20—30	15—20	80—70	80—70	85—80
« средний	30-40	30-45	20—30	70—60	70—55	80—70
«тяжелый	40—50	45-60	30—40	60—50	55-40	70—60
Глина: легкая	50—65	60—75	40—50	50—35	40—25	60—50
Глина: средняя	65—80	75-85	50—65	35—20	25—15	50—35
Глина: тяжелая	>80	>85	>65	<20	<15	<35

ДИАГНОСТИКА ПОЧВ ПО МЕХАНИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

В полевых условиях и в лаборатории механический состав почв приближенно определяют по внешним признакам и на ощупь. Для точного его установления применяют лабораторные методы, позволяющие находить количество всех групп

механических элементов, слагающих почву или породу. По содержанию их, пользуясь рассмотренной выше классификацией, можно уже безошибочно отнести исследуемую почву или породу к той или иной группе механического состава. Все группы механического состава почв и пород (песок, супесь, суглинок песчанистый, суглинок пылеватый и т. д.) можно различать по ряду признаков. Зная эти признаки и имея соответствующий навык, можно быстро и с достаточной точностью определять механический состав в полевых условиях.

Ход работы:

Сухой метод. Сухой комочек или щепотку мелкозема почвы испытывают на ощупь, кладут на ладонь и тщательно растирают пальцами. При необходимости плотные агрегаты раздавливают в ступке. Механический состав почвы или породы определяется по ощущению при растирании, состоянию сухой почвы, по количеству песка следующим образом (табл. 4).

Мокрый метод. Образец растертой почвы увлажняют и перемешивают до тестообразного состояния, при котором почвы обладают наибольшей пластичностью. При определении механического состава карбонатных почв и пород применяют вместо воды 10%-ную HCl с целью разрушения водопрочных агрегатов. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур толщиной около 3 мм, затем свернуть в кольцо диаметром 2—3 см.

Таблица 4. Органолептические признаки механического состава почвы

Механический состав	Состояние сухого образца	Ощущение при растирании сухого образца
Песок	Сыпучее	Состоит исключительно из песка
Супесь	Комочки слабые легко раздавливаются	Преобладают песчаные частицы Мелкие частицы являются примесью
Легкий песчанистый суглинок	Комочки разрушаются с небольшим усилием	Преобладают песчаные частицы Глинистых частиц 20-30%
Средний песчанистый суглинок	Структурные отдельности разрушаются с трудом, намечается угловатость их формы	Песчаные частицы еще хорошо различимы. Глинистых частиц примерно половина
Тяжелый суглинок	Агрегаты плотные, угловатые	Песчаных частиц почти нет. Преобладают глинистые частицы
Глина	Агрегаты очень плотные. Угловатые.	Тонкая однородная масса. песчаных частиц нет.

В зависимости от механического состава почвы или породы показатели «мокрого» способа будут различны.

Песок не образует ни шарика, ни шнура. Супесь образует шарик, который раскатать в шнур не удастся. Получаются только зачатки шнура.

Легкий суглинок раскатывается в шнур, но последний очень непрочен, легко распадается на части при раскатывании или при взятии с ладони.

Средний суглинок образует сплошной шнур, который можно свернуть в кольцо. Кольцо с трещинами и переломами.

Тяжелый суглинок легко раскатывается в шнур. Кольцо с трещинами.

Глина образует длинный тонкий шнур, кольцо без трещин.

Необходимо быть внимательным при определении механического состава пылеватых суглинков и супесей. При растирании супеси производят шуршащий звук и сыпаются с руки. При растирании легких суглинков ощущается ясно различимая шероховатость, глинистые частицы втираются в кожу. Средние пылеватые суглинки также дают ощущение мучности, но производят ощущение тонкой муки со слабозаметной шероховатостью. Комки средних суглинков раздавливаются с некоторым усилием. Тяжелые пылеватые суглинки в сухом состоянии с трудом поддаются раздавливанию, образуют хорошо выраженные структурные отдельности с острыми ребрами, дают ощущение тонкой муки при растирании. Шероховатость не ощущается. Результаты определения механического состава почв или пород в коробочных образцах полевыми методами записывают по следующей форме в таблицы.

Таблица 5. Диагностика механического состава почв и пород сухим методом.

№ Образца	Диагностические признаки				Название почвы по механическому составу
	Выраженность структуры	Связность	Наличие песчаных частиц	Наличие пылеватых частиц и илистой фракции	

Таблица 6. Диагностика механического состава почв и пород мокрым методом.

№ образца	Диагностические признаки			Название почвы
	Скатывание шарика	Образование шнура	Деформация шнура	

Структура почвы – совокупность её агрегатов различной величины, формы и качественного состояния. Качество структуры оценивается, прежде всего, её размерами, водопрочностью, а также механической прочностью и пористостью.

Агрономически ценной считается фракция размером от 0,25 до 10 мм, особенно 1...7 мм (табл.7). Отношение массы агрегатов этой фракции к суммарной массе глыбистой (более 10 мм) и пылевой фракции (менее 0,25 мм) называется коэффициентом структурности и колеблется от 1,0...1,5 у малоструктурных до 3,0...3,5 у хорошо оструктуренных почв. Данные о влиянии размера структуры представлено в табл.8.

Таблица 7. Фракции структуры почвы

Фракции	Размер, мм
Мегаструктура (глыбы)	>10
Макроструктура (макроагрегаты)	0,25...10
Микроструктура (пыль)	<0,25

Таблица 8. Влияние размера структуры на свойства почвы

Показатель	Мегаструктура	Макроструктура
1	2	3
Водный режим	Увеличение конвекционно-диффузионного испарения Излишняя (провальная) водопроницаемость	Увеличение капиллярного испарения Низкая водопроницаемость Снижение доступности почвенной влаги
Питательный режим	Ухудшается, т. к. корни растений плохо проникают внутрь глыб	Ухудшается из-за снижения аэрации

1	2	3
Эрозионная устойчивость	Повышается	Снижается
Поверхностный сток	Уменьшается	Увеличивается
Полевая всхожесть высеянных семян	Снижается из-за плохого контакта семян с почвой	Снижается из-за уменьшения аэрации и почвенной корки
Удельное сопротивление	Снижается	Возрастает из-за увеличения связности

Наиболее оптимальные значения всех показателей, указанных в табл.8, имеет место в макроструктурных почвах.

Водопрочность структуры – способность агрегатов противостоять размывающему действию воды. При её отсутствии агрегаты разрушаются, почва превращается после увлажнения в сплошную массу и становится бесструктурной. Водопрочность структуры напрямую зависит от содержания в почве гумуса, так как он склеивает почвенные частицы в структурные агрегаты и придаёт им водопрочность.

В табл. 9 представлена оценка почв по их структурному состоянию.

Таблица 9. Шкала оценки почвы по её структурному состоянию (Долгов С. И., 1966)

Содержание агрегатов 0,25...10 мм, %		Оценка
воздушно-сухих	водопрочных	
80	70	отличное
80...60	70...55	хорошее
60...40	55...40	удовлетворительное
40...20	40...20	неудовлетворительное
<20	<20	плохое

Механическая прочность структуры – это способность почвенных агрегатов противостоять раздавливанию. Чем она выше, тем меньше почва распыляется при обработке и лучше сопротивляется эрозии. Наиболее высокой механической прочностью обладают гумусированные почвы тяжёлого гранулометрического состава, наименьшей – лёгкие песчано-супесчаные. Чем выше внутриагрегатная пористость, тем полнее корни растений могут использовать питательные вещества и воду, находящиеся внутри почвенных агрегатов. Она увеличивается на богатых гумусом почвах и снижается на бедных, где агрегаты склеиваются не гумусом, а глинистыми частицами под влиянием механических причин. Главное достоинство структурной почвы состоит в том, что она без каких-либо дополнительных усилий со стороны человека сама по себе является плодородной и находится в благоприятном технологическом состоянии. В ней благоприятно складываются водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, она обрабатывается качественно и с наименьшим удельным сопротивлением, здесь наиболее эффективны современные ресурсосберегающие технологии. Структура почвы динамична и находится под влиянием как разрушающих, так и создающих её факторов. Задача состоит в том, чтобы ограничить действие первых и создать условия для преобладания второй группы факторов.

Основные пути сохранения и улучшения структуры почвы:

1. «щадящая» обработка почвы:
 - 1.1. научно-обоснованная минимализация, то есть сокращение числа, глубины и площади обработки почвы – замена отвальной обработки безотвальной, глубокой – мелкой, частых обработок – редкими (технология «Mini-Till») или полное исключение обработки как отдельного приёма и совмещение её с посевом (технология «No-Till»);
 - 1.2. уменьшение числа проходов по полю сельскохозяйственной техники путём сокращения и совмещения операций, увеличения ширины захвата МТА;
 - 1.3. соблюдение оптимальных агротехнических сроков обработки в состоянии физической спелости почвы;
 - 1.4. использование менее травмирующих почву ходовых систем МТА (шин с пониженным давлением и увеличенной площадью протектора и пр.);
2. мульчирование поверхности поля послеуборочными растительными остатками – «сберегающее» земледелие;
3. внесение органических удобрений;
4. посев культур – структурообразователей (многолетние травы, донник, сидераты);
5. борьба с эрозией почвы;
6. искусственное структурообразование путём внесения в почву водостойких клеящих веществ.

Вопросы к теме:

1. Методы определения механического состава почв в полевых условиях.
2. Классификация почв по механическому составу.
3. Физические свойства почв и методы определения
4. Физико-механические свойства почв.
5. Структура почвы.
6. Влияние размера структуры на ее свойства.
7. Водопрочность структуры.
8. Основные направления сохранения и улучшения структуры почвы.

Результаты работы: По мере освоения данной работы студент должен иметь представления о механическом и гранулометрическом составе, а также структуре почвы и знать основные классические методы их определения.

Тема 5. Физико-химические свойства почвы. (форма занятий – в малых группах).
Цель: Изучить физико – химические свойства разных типов почв с использованием прибора Алямовского, универсальной индикаторной бумаги и тест-системы.

Содержание темы:

Актуальная и потенциальная кислотность почвы.

Определение рН водной вытяжки (актуальной кислотности почвы).

Определение рН солевой вытяжки (потенциальной кислотности почвы).

Состав поглощенных катионов определяет многие свойства почв. В частности, их наличие обуславливает кислотность и щелочность почв.

К и с л о т н о с т ь п о ч в ы — способность почвы подкислять воду, а также растворы солей. Различают два вида почвенной кислотности: актуальную и потенциальную.

Актуальная кислотность характеризует активность свободных ионов H^+ в почвенном растворе и вызвана наличием в нем свободных кислот, гидролитически кислых солей и степенью их диссоциации. Для большинства почв актуальная кислотность обусловлена угольной кислотой и ее солями.

Величина актуальной кислотности выражается в $мг \cdot экв \cdot H^+$ на 100 г почвы или в рН (отрицательный логарифм активности ионов водорода).

Нейтральную реакцию характеризует рН 7, кислую — $pH < 7$ и щелочную — $pH > 7$.

Актуальная кислотность определяется в водной вытяжке или суспензии, в связи с чем, к индексу рН добавляется буквенный индекс «в» или «Н₂О» (рН_в или рН_{Н₂О})-

В почвах рН_в может находиться в пределах от 4 до 8 и более.

Крайне низкие значения рН характерны для некоторых торфяно-болотных и болотно-подзолистых почв.

Для подзолистых, дерново-подзолистых почв и красноземов рН_в равен 4,5—5,6, для серых лесных оподзоленных — 5,5—6,5, черноземов, каштановых, сероземов — 6,5—7,5, в карбонатных почвах, солонцах, солончаках рН_в более 8,5.

Различные сельскохозяйственные культуры и микроорганизмы по-разному относятся к актуальной кислотности.

Значение рН для развития растений и микроорганизмов

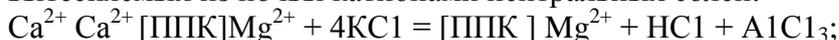
Растения	Оптimum рН	Пределы рН	Растения, микроорганизмы	Оптimum рН	Пределы рН
Пшеница	6-7	5-8	Чайный куст	4,5-6,0	-
Ячмень	—	6-7,2	Лен	5-8	4-7
Рожь	5-6	4-7	Табак	4,5-6,5	-
Овес	5-6	4-8	Люпин	4-5	4-6
Картофель	5	4-8	Горох	6-7	5-8
Люцерна	7-8	6-8	Грибы	3,5-6,0	—
Клевер	6,0-6,5	5-8	Азотобактер	6-8	—
Хлопчатник	6,0-7,3	6-8	Нитрификаторы	6,8-8,0	—

Для большинства культур сильноокислая или сильнощелочная реакция водной вытяжки отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

Потенциальная кислотность определяется количеством ионов H^+ и Al^{3+} , находящихся в почвенном поглощающем комплексе. Это кислотность твердой фазы почвы.

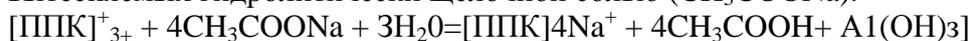
Потенциальная кислотность подразделяется на: обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность определяется количеством поглощенных H^+ и Al^{3+} , вытесняемых из почвы катионами нейтральных солей:



Образующаяся соляная кислота характеризует обменную кислотность. Она может быть выражена в мг ■ экв. на 100 г почвы, в $pH_{\text{ксл}}$ или в pH_c , где «с» — дополнительный буквенный индекс, показывающий, что реакция определяется в солевой вытяжке почв. При обработке почвы раствором нейтральных солей не все поглощенные ионы водорода и алюминия вытесняются из почвенного поглощающего комплекса. Более полное вытеснение их происходит при действии раствора гидролитически щелочных солей.

Гидролитическая кислотность определяется количеством поглощенных H^+ и Al^{3+} , вытесняемых гидролитически щелочной солью (CH_3COONa).



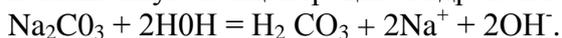
Количество образующейся уксусной кислоты, эквивалентное количеству поглощенного водорода и алюминия в почве, определяет величину гидролитической кислотности, выражаемую в мг • экв. H^+ на 100 г почвы; обозначают ее H_r .

Гидролитическую кислотность рассматривают как суммарную кислотность почвы, состоящую из актуальной и потенциальной кислотности. Ее величина обуславливает ненасыщенность почв основаниями.

Емкость поглощения в известной формуле определения степени насыщенности почв основаниями $V = 100\%$ с учетом величины гидролитической кислотности может быть выражена как $T = S + H_m$

Щелочность почв различают актуальную и потенциальную.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почве гидролитически щелочных солей [Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$ и др.], которые при диссоциации определяют повышенную концентрацию гидроксил-ионов:



Актуальная щелочность выражается величиной pH_b или величиной титровальной щелочности в мг • экв. на 100 г почвы.

Потенциальная щелочность обусловлена содержанием обменнопоглощенного натрия, который может переходить в раствор и подщелачивать его.

Сильная щелочность почвы, как и кислотность, оказывает неблагоприятное действие на развитие растений и микроорганизмов усиливает пептизацию почвенных коллоидов, ухудшает структурное состояние почвы и ее физические свойства.

Величину рН можно определить колориметрическим и потенциометрическим методами. Колориметрический метод дает возможность определять рН только в бесцветных и прозрачных растворах. Потенциометрическими методами можно определять рН в прозрачных и мутных растворах и непосредственно в почвенных суспензиях. В настоящее время в основном пользуются потенциометрическим методом.

Определение рН водной вытяжки (активной кислотности)

Оборудование: технические весы; сито с отверстиями диаметром 1 мм; прибор Алямовского для определения кислотности; универсальный индикатор; колба емкостью 100 мл; воронка; фильтровальная бумага; пробирка, образец почвы, дистиллированная вода.

Ход работы:

Приготовьте водную вытяжку, для этого:

- На технических весах взвесьте около 10 г почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 1 мм.
- Высыпьте почву в колбу емкостью 100 мл и добавьте к ней 50 мл дистиллированной воды и тщательно взболтайте почву с водой (в течение 10 мин).
- Содержимое колбы профильтруйте, добиваясь прозрачности фильтрата.
- Прибавьте к фильтрату 3 капли универсального индикатора и все тщательно смешайте. Полученную окраску раствора сравните с окрашенными пробирками прибора Алямовского и определите рН с точностью до 0,1.

Определение рН солевой вытяжки (потенциальная кислотность почвы).

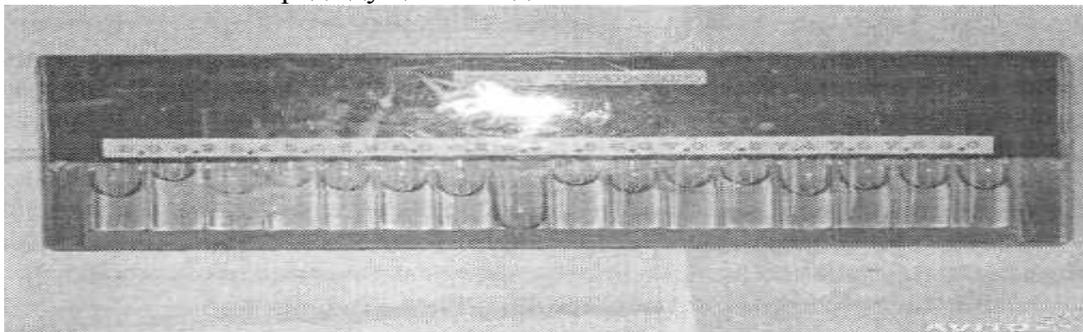
Оборудование технические весы; сито с отверстиями диаметром 1 мм; прибор Алямовского для определения кислотности; универсальный индикатор; колба емкостью 100 мл; воронка; фильтровальная бумага; пробирка, образец почвы; 1 н. раствор КС1.

Ход работы:

Приготовьте солевую вытяжку, для этого:

- На технических весах взвесьте около 20 г почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 1 мм.
- Высыпьте почву в колбу емкостью 100 мл и добавьте к ней 50 мл 1Н раствора КС1
- Тщательно взболтайте раствор КС1 с почвой в течение 10-15 мин, после чего содержимое колбы профильтруйте, добиваясь прозрачности фильтрата.
- Поместите в пробирку 3-5 мл исследуемого фильтрата; прибавьте к нему из пипетки 3 капли универсального индикатора и все тщательно смешайте.
- Полученную окраску раствора сравните с окрашенными пробирками прибора Алямовского. Определите рН с точностью до 0.1.

ПРИБОР АЛЯМОВСКОГО. Данное устройство является набором реактивов для анализа водных и солевой вытяжек земли. При его использовании требуются те же манипуляции, что и описанные в предыдущем методе.



Для быстрого и ориентировочного определения показателя рН почвенного раствора можно воспользоваться лакмусовыми индикаторными полосками для рН теста со шкалой от 4 до 8, специально для определения кислотности почв.

100 лакмусовых индикаторных полосок для рН теста со шкалой от 1 до 14, специально для определения кислотности почвы. С помощью тест - полосок рН почвы сможете определить кислотно-щелочной баланс (рН) любой жидкой среды. Тесты рН подойдут как для медицинских, так и бытовых нужд. Данный препарат можно приобрести в садоводческих магазинах, в аптеке, в специализированных магазинах для химии, а также заказать через интернет. Он состоит из некоторого количества полосок, обработанных особым реагентом, которые изменяет цвет в зависимости от реакции среды. Все необходимые данные по соотношению полученного цвета и параметра рН есть в наборе. Порядок ваших действий должен быть следующий:

1. Берете пробы почвы (30-50 г.).
2. Отобранный образец заливайте чистой дистиллированной водой (100 мл).
3. Тщательно взбалтываете баночку и затем после осаждения мути опускаете лакмусовую бумажку в воду на пару секунд (пока она не изменит цвет).
4. Определяете кислотность по вкладышу в наборе и повторяете ту же процедуру для остальных взятых проб.



ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОЧВЫ. Сейчас современному специалисту доступна целая линейка многофункциональных приборов, позволяющих не только определить реакцию почвы, по и ее влажность, температуру, освещенность и т.п. Прибор для определения рН, влажности и освещенности почвы. Простой, надёжный удобный и очень качественно сделанный прибор. Работает без батареек, с его помощью легко можно определить состояние почвы под вашими растениями. рН метр покажет кислотность почвы, её влажность, на глубине корней и освещённость растения.



Анализ результатов и расчет нормы внесения извести в почву.

Результаты определения рН водной и солевой вытяжки свидетельствуют, прежде всего, о характере реакции почвы, то есть сопоставление их позволяет судить об относительном количестве поглощенных ионов водорода. Так, чем больше разница между рН водной вытяжки и рН солевой вытяжки, тем больше в почве поглощенных ионов водорода. Величина рН водной вытяжки характеризует актуальную кислотность, а величина рН солевого раствора - потенциальную (обменную) кислотность почвы. Обычно рН солевой вытяжки ниже рН водной вытяжки.

1. Сравните результаты рН водной вытяжки и рН солевой вытяжки, сделайте вывод и запишите его.

Знание рН солевой вытяжки (обменной кислотности) имеет практическое значение для решения вопроса о необходимости известкования почв.

Все почвы подразделяются по степени нуждаемости в извести на три группы:

рН выше 5,5 — почвы в извести не нуждаются;

рН равно 5,5-4,5 - почвы средняя нуждаемость в извести;

рН ниже 4,5 - почвы сильно нуждаются в извести.

2. По результатам рН солевой вытяжки сделайте вывод о степени нуждаемости почвы в известковании.

Количество извести, вносимое в почву, зависит от *кислотности и механического состава почвы, а также от того, как реагирует на внесение извести растение.*

Внесение в почву извести приводит к снижению кислотности почвенного раствора, ионы Са извести вытесняют из поглощенного состава водородные ионы, в связи с чем, вся сумма агрономических показателей почвы значительно улучшается.

Как видно из таблицы, если поддерживать на всей площади кислотность в районе рН=6. это будет благоприятствовать росту практически всех сельскохозяйственных и лесных культур.

Вопросы к теме:

1. Актуальная, обменная и гидролитическая кислотности: природа и методы их определения
2. Емкость поглощения почв, обменные катионы и анионы, природа и виды почвенной щелочности.
3. Методы определения в кислых почвах поглощенных оснований и обменного алюминия.
4. Определение потребности в известковании и гипсовании почв, расчет доз внесения извести.

Результаты работы: По мере освоения данной работы студент должен иметь представления о кислотности и щелочности почв и способах их определения, а также расчета норм внесения известковых удобрений.

Тема 6. Кейс «Определение водного режима почв». (кейс – технологии)

Цель: Изучить водно-физические свойства почв и усвоить водно-гидрологические константы.

Содержание темы:

Водопроницаемость и влагоудерживающая способность почв. Виды влагоемкости, Почвенно-гидрологические константы. Баланс воды в почве.

Водные свойства и водный режим почв. Значение почвенной влаги в жизни растений и почвообразовании. Категории и виды воды в почвах. Водные свойства почв: водопроницаемость, водоподъемная и влагоудерживающая способность почв.

Почвенно-гидрологические константы. Влияние гранулометрического и агрегатного состава на водные свойства почв. Влажность почв и методы ее определения. Общій и полезный запас воды в почве. Доступность почвенной влаги растениям. Баланс воды в почве и его регулирование. Типы водного режима. Мероприятия по накоплению и сбережению влаги в почве.

Зависимость водопроницаемости, влагоемкости и водоотдача от ее структуры

Кейс - задание

1. Изучить водно-физические свойства почв
2. Установить почвенно-гидрологические константы и движение почвенной влаги
3. Определить запасы влаги в почве и способы их регулирования в лесу.
4. Рассмотреть типы водного режима почв в лесостепном Поволжье

Вода в почве — один из важнейших факторов плодородия и урожайности растений. В почвенных процессах, в создании агрономически важных свойств почвы она играет значительную и разностороннюю роль. Эта роль определяется особым положением воды в природе. Вода - это особая физико-химическая весьма активная система, обеспечивающая перемещение веществ в протранстве. С содержанием воды в почве связаны скорость выветривания и почвообразования, гумусообразование, биологические, химические и физико-химические процессы. В воде растворяются питательные вещества, которые из почвенного раствора поступают в растения. Поскольку при испарении воды затрачивается огромное количество тепла, вода является и терморегулятором почвы и растений, предохраняет их от перегрева солнцем. Вода поступает в почву в виде атмосферных осадков, грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы и при орошении. Главным источником воды в почве в условиях неорошаемого земледелия являются атмосферные осадки. Содержание влаги в процентах к массе абсолютно сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы. Ее можно также выразить в процентах объема почвы (в м³/га, мм или т/га).

В составе растений содержится 80—90 % воды. В процессе своей жизнедеятельности они тратят огромное ее количество. Для создания 1 г сухого вещества требуется от 200 до 1000 г воды. При недостатке воды в почве формируются неустойчивые и низкие урожаи сельскохозяйственных культур

Водообеспеченность растений зависит не только от количества поступающей воды в почву, но и от ее водных свойств. При равной абсолютной влажности почвы могут содержать разное количество доступной воды, что обусловлено гранулометрическим составом почв, структурным состоянием, содержанием гумуса и другими показателями, определяющими их водные свойства.

Познание закономерностей поведения почвенной влаги, процессов водопотребления растениями, водных свойств и водного режима имеет большое значение для управления и оптимизации водного режима с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных и лесных культур.

Вода в почвах неоднородна. Разные ее количества имеют неодинаковые физические свойства (термодинамический потенциал, теплоемкость, плотность, вязкость, химический состав, осмотическое давление и т. д.), обусловленные взаимодействием молекул воды между собой и с другими фазами почвы (твердой, жидкой, газообразной). Количества почвенной воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название *категорий* или *форм почвенной воды*.

Согласно классификации, разработанной А. А. Роде (1965), в почвах различают пять форм почвенной влаги: *твердую, химически связанную, парообразную, сорбированную и свободную*.

Твердая вода. Эта категория воды является потенциальным источником жидкой и парообразной воды. Появление воды в форме льда может иметь сезонный (сезонное промерзание почвы) или многолетний («вечная» мерзлота) характер. Лед переходит в жидкое и парообразное состояние при температуре воды выше 0°C.

Химически связанная вода входит в состав химических соединений (минералов) в виде гидроксильной группы — так называемая *конституционная вода* $[\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{Al}(\text{OH})_3]$ или целыми молекулами — *кристаллизационная вода*.

Конституционную воду удаляют из почвы прокаливанием при температуре 400—800 °С, кристаллизационную — при нагревании почвы до 100—200 °С. Химически связанная вода — важный показатель состава почвы; она входит в состав твердой фазы почвы и не является самостоятельным физическим телом, не передвигается, не обладает свойствами растворителя и недоступна растениям.

Парообразная вода содержится в почвенном воздухе, в порах, свободных от воды, в форме водяного пара. Парообразная влага может передвигаться вместе с током почвенного воздуха, а также диффузно из мест с большей упругостью водяного пара в места с меньшей упругостью.

Несмотря на то, что общее количество парообразной воды не превышает 0,001 % массы почвы, она играет большую роль в перераспределении почвенной влаги и предохраняет корневые волоски растений от пересыхания.

Конденсируясь, пар переходит в жидкую воду. В почве парообразная влага передвигается от теплых слоев к более холодным. В связи с этим возникают восходящие и нисходящие сезонные и суточные потоки водяного пара. За счет восходящего передвижения водяного пара в зимнее время в метровом слое почвы засушливых районов аккумулируется до 10—14 мм влаги.

Физически связанная, или сорбированная, вода образуется путем сорбции парообразной и жидкой воды на поверхности твердых частиц почвы. Физически связанную воду в зависимости от прочности связи с твердой фазой почвы подразделяют на прочносвязанную и рыхлосвязанную (пленочную).

П р о ч н о с в я з а н н а я (гигроскопическая) **в о д а** образуется в результате адсорбции молекул воды из парообразного состояния на поверхности твердых частиц почвы.

Свойство почвы сорбировать парообразную воду называют *гигроскопичностью* почв, а сорбированную воду — *гигроскопической*. Прочносвязанная гигроскопическая вода удерживается на поверхности почвенных частиц очень высоким давлением, образуя вокруг почвенных частиц тончайшие пленки.

По физическим свойствам гигроскопическая вода приближается к твердым телам. Она обладает высокой плотностью (1,5—1,8 г/см³), низкой электропроводностью, не растворяет вещества, отличается повышенной вязкостью, замерзает при температуре от -4 до -78 °С, недоступна растениям.

Предельное количество воды, которое может быть поглощено почвой из парообразного состояния при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, называют *максимальной гигроскопической водой*. При влажности почвы, равной МГ, толщина пленки из молекул воды достигает 3—4 слоев.

Величины гигроскопичности и МГ зависят от гранулометрического и минералогического составов, содержания гумуса. Чем больше в почве илистой, особенно коллоидной, фракции и гумуса, тем выше гигроскопичность и МГ.

В минеральных слабогумусированных песчаных и супесчаных почвах максимальная гигроскопичность колеблется от 0,5 до 1 %. В сильногумусированных суглинистых и глинистых почвах максимальная гигроскопичность может составлять 15—16%, а в торфах — до 30-50%. Однако за счет поглощения парообразной воды сорбционные силы поверхности почвенных частиц не исчерпываются, даже если влажность почвы достигает максимальной гигроскопичности. При соприкосновении частиц почвы с водой происходит дополнительное ее поглощение и образуется рыхлосвязанная пленочная, вода. Она удерживается почвенными частицами менее прочно, очень медленно передвигается от почвенных частиц с большей пленкой к частицам с меньшей пленкой. Толщина пленки достигает нескольких десятков молекул воды и может превышать величину максимальной гигроскопичности в 2—4 раза. Пленочная влага имеет плотность несколько выше плотности свободной воды, обладает пониженной растворяющей способностью, замерзает при температуре —1,5...-4 °С, частично доступна для растений.

С в о б о д н а я в о д а — это вода, содержащаяся в почве сверх рыхлосвязанной. Она не связана силами притяжения с почвенными частицами. Различают две формы свободной воды в почве: капиллярную и гравитационную.

К а п и л л я р н а я в о д а находится в тонких капиллярных порах почвы и передвигается в них под влиянием капиллярных сил, возникающих на поверхности раздела твердой, жидкой и газообразной фаз. Эта вода наиболее доступна растениям. В зависимости от характера увлажнения различают *капиллярно-подвешенную* и *капиллярно-подпертую* воду. При увлажнении почвы сверху атмосферными осадками или оросительными водами формируется *капиллярно-подвешенная вода*. При увлажнении почвы снизу за счет грунтовых вод в почве образуется *капиллярно-подпертая вода*. Зону капиллярного насыщения над грунтовой водой называют *капиллярной каймой* (КК).

Г р а в и т а ц и о н н а я в о д а размещается в крупных некапиллярных порах, свободно просачивается вниз по профилю под действием силы тяжести. Различают гравитационную воду, просачивающуюся и влагу водоносных горизонтов.

Основными водными свойствами почв являются :

водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность.

Водоудерживающая способность — свойство почвы удерживать воду, обусловленное действием сорбционных и капиллярных сил. Наибольшее количество воды, которое способна удерживать почва теми или иными силами, называется *влагоемкостью*.

В зависимости от того, в какой форме находится удерживаемая почвой влага, различают полную, наименьшую, капиллярную и максимально-молекулярную влагоемкость.

Полная (максимальная) *влагоемкость* (ПВ), или водовместимость, — это количество влаги, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения, когда все поры (капиллярные и некапиллярные) заполнены водой.

Для почв нормального увлажнения состояние влажности, соответствующее полной влагоемкости, может быть после снеготаяния, обильных дождей или при поливе большими нормами воды. Для гидроморфных почв, состояние полной влагоемкости может быть длительным или постоянным.

При длительном состоянии насыщения почв водой до полной влагоемкости в них развиваются анаэробные процессы, снижающие ее плодородие и продуктивность растений. Оптимальной для растений считается относительная влажность почв в пределах 50— 60 % ПВ.

Однако в результате набухания почвы при ее увлажнении, наличия защемленного воздуха полная влагоемкость не всегда точно соответствует общей пористости почвы.

Наименьшая влагоемкость (НВ) — это максимальное количество капиллярно-подвешенной влаги, которое способна длительное время удерживать почва после обильного ее увлажнения и свободного стекания воды при условии исключения испарения и капиллярного увлажнения за счет грунтовой воды. При НВ в почве 55—75 % пор заполнено водой, создаются оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности растений. Величина НВ зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и сложения почвы. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, чем больше в ней гумуса, тем выше ее наименьшая влагоемкость. Очень рыхлая и сильноплотная почва имеют меньшую влагоемкость (НВ), чем почвы средней плотности. Для суглинистых и глинистых почв величина НВ колеблется от 20 до 45 % абсолютной влажности почв. Наибольшие значения НВ характерны для гумусированных почв тяжелого гранулометрического состава с хорошо выраженной макро- и микроструктурой.

По мере испарения и потребления воды растения теряют сплошное заполнение водой капилляров, уменьшаются подвижность воды и доступность ее растениям. Влажность, соответствующая разрыву капилляров, называется *влажностью разрыва капилляров* (ВРК). Это гидрологическая константа почвы, характеризующая нижний предел оптимальной влажности. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65-70 % НВ. Максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое может содержаться в почве над уровнем грунтовых вод, называется *капиллярной влагоемкостью* (КВ).

Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ) соответствует наибольшему содержанию рыхлосвязанной воды, удерживаемой сорбционными силами или силами молекулярного притяжения. При влажности, близкой к ММВ, растения обычно начинают устойчиво завядать, поэтому такую влажность называют *влажностью завядания* (ВЗ) или «мертвым», недоступным для растений запасом влаги в почве. Для разных растений, а также разных периодов их роста (проростки или зрелые растения) влажность завядания будет неодинакова. Особенно чувствительны к критическому состоянию влажности почвы проростки.

Влажность завядания растений определяют методом проростков по С. И. Долгову или расчетным способом, используя процентное содержание воды в почве, равное максимальной гигроскопической влаге. При этом учитывают, что отношение влажности завядания к максимально гигроскопической влаге в разных почвах для разных растений колеблется от 1 до 3. Для незасоленных почв оно чаще составляет 1,3—1,5, для засоленных — несколько выше. Влажность завядания (в %) равна максимальной гигроскопической влажности (в%), умноженной на коэффициент 1,34 (по рекомендации гидрометеослужбы) или 1,5 (по рекомендации Н. А. Качинского):

$$B_3 = MG - 1,34 (1,5).$$

Влажность завядания различается в зависимости от типа почв и гранулометрического состава. В торфяных почвах влажность завядания достигает 50 % массы абсолютно сухой почвы. Влажность завядания представляет важнейшую гидрологическую константу. На основании данных ВЗ и общего содержания влаги в почве вычисляют *запас продуктивной влаги*, т. е. той влаги, которая доступна для растений и расходуется на формирование урожая.

Количество продуктивной влаги принято выражать в мм толщины водяного слоя. В таком виде запасы воды лучше сопоставлять с данными по осадкам. 1 мм воды на площади 1 га соответствует 10 т воды.

Запасы продуктивной влаги (в мм/га):

$$W = 0,1 d_v - h(B - B_3),$$

где 0,1 — коэффициент перевода запасов влаги из м³/га в мм водяного слоя;

d_v — плотность почвы, г/см³;

h — мощность слоя почвы, см, для которого рассчитывается запас продуктивной влаги;

B — полевая влажность почвы, % на абсолютно сухую почву;

B_3 — влажность завядания, % на абсолютно сухую почву.

Оптимальные запасы продуктивной влаги (по А. М. Шульгину) в метровом слое почвы в период вегетации растений находятся в среднем в пределах от 100 до 200 мм. Как избыточная влажность (более 250 мм), так и недостаточная (менее 50 мм) отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности.

Водопроницаемость почв — способность почв впитывать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости: впитывание и фильтрацию.

Впитывание — это поглощение воды почвой и ее прохождение в не насыщенную водой почве. *Фильтрация* (просачивание) — передвижение воды в почве под влиянием силы тяжести и градиента напора при полном насыщении почвы водой. Эти стадии водопроницаемости характеризуются соответственно *коэффициентами впитывания и фильтрации*.

Водопроницаемость измеряется объемом воды (мм), протекающей через единицу площади почвы (см²) в единицу времени (ч) при напоре воды 5 см.

Величина эта очень динамична, зависит от гранулометрического состава и химических свойств почв, их структурного состояния, плотности, порозности, влажности.

В почвах тяжелого гранулометрического состава водопроницаемость ниже, чем в легких; присутствие в ППК поглощенного натрия или магния, способствующих быстрому набуханию почв, делает почвы практически водонепроницаемыми.

Оценку водопроницаемости почв проводят по шкале, предложенной Н. А. Качинским (1970).

Водопроницаемость. При недостаточной водопроницаемости влага или застаивается на поверхности почвы, создавая условия для вымочек посевов, или стекает по уклону местности, способствуя проявлению водной эрозии.

При очень высокой водопроницаемости влага не накапливается в корнеобитаемом слое, быстро фильтруется вглубь почвенного профиля, в условиях орошаемого земледелия происходят потери поливной воды, подъем уровня грунтовых вод и возникает опасность вторичного засоления почв.

Водоподъемная способность — свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней воды за счет капиллярных сил.

Высота подъема воды в почвах и скорость ее передвижения определяются в основном гранулометрическим и структурным составами почв, их порозностью. Чем почвы тяжелее и менее структурны, тем больше потенциальная высота подъема воды, а скорость подъема ее меньше.

На скорость подъема воды влияет также степень минерализации грунтовых вод.

Высокоминерализованные воды характеризуются меньшей высотой и скоростью подъема. Однако близкое к поверхности залегание минерализованных грунтовых вод (1 — 1,5 м) создает опасность быстрого засоления почв.

Под *водным режимом* понимают совокупность явлений поступления влаги в почву, ее удержание, расход и передвижение в почве. Количественно его выражают через водный баланс, характеризующий приход влаги в почву и расход из нее.

Общее уравнение водного баланса выражают следующим образом:

$$V_0 + V_{oc} + V_r + V_k + V_{пр} + V_б = E_{исп} + E_{\cdot} + V_{и} + V_{п} + V_c + V_{\cdot}$$

где V_0 — начальный запас влаги;

V_{oc} — сумма осадков за период наблюдения;

V_r — количество влаги, поступающей из грунтовых вод;

V_k — количество влаги, конденсирующейся из паров воды;

$V_{пр}$ — количество влаги, поступающей в результате поверхностного притока;

$V_б$ — количество влаги, поступающей от бокового притока почвенных и грунтовых вод;

$E_{исп}$ — количество влаги, испарившейся с поверхности почвы (физическое испарение);

E_{\cdot} — количество влаги, расходуемое на транспирацию (десукция);

$V_{и}$ — влага, инфильтрующаяся в почвенно-грунтовую толщу;

V_{\cdot} — количество воды, теряющейся за счет поверхностного стока;

V_c — влага, теряющаяся при боковом внутрпочвенном стоке;

V_b — запас влаги в почве в конце периода наблюдения.

Если за длительный период времени прогрессирующего увлажнения или иссушения территории не происходит, приход и расход воды в почве равны, уравнение водного баланса равно нулю. Запасы воды в почве в этом случае в начале и в конце периода наблюдений могут быть равны: $V_0 = V_j$. Для склоновых элементов рельефа количество воды, поступающей от бокового притока почвенных и грунтовых вод, равно количеству воды, теряющейся при боковом стоке: $V_0 = V_c$. Содержание конденсирующейся в почве влаги по сравнению с другими статьями баланса мало, и им можно пренебречь. С учетом этих уточнений уравнение водного баланса приобретает следующий вид:

$$V_{oc} + B_z + B_{np} = E_{исп} + E_m + B_u + B_n.$$

Еще более простой вид имеет уравнение водного баланса равноценных территорий с глубоким залеганием фунтовых вод:

$$V_0 + V_{oc} = E + B_0$$

Где E — суммарное испарение или эвапотранспирация.

В зависимости от характера годового водного баланса по соотношению его составляющих — годовым осадкам и годовому испарению — формируются основные типы водного режима.

Отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости называют *коэффициентом увлажнения* (КУ). В разных природных зонах КУ колеблется от 3 до 0,1.

Для различных природных условий Г. Н. Высоцкий установил 4 типа водного режима: *промывной*, *периодически промывной*, *непромывной* и *выпотной*. Развивая учение Г. Н. Высоцкого, профессор А. А. Роде выделил 6 типов водного режима, разделив их на несколько подтипов.

1. *Мерзлотный тип*. Он распространен в условиях многолетней мерзлоты. Мерзлый слой грунта водонепроницаем, является водупором, над которым проходит надмерзлотная верховодка, которая обуславливает насыщенность водой верхней части оттаявшей почвы в течение вегетационного периода.

2. *Промывной тип* (КУ > 1) характерен для местностей, где сумма годовых осадков больше испаряемости. Весь профиль почвы ежегодно подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод и интенсивному выщелачиванию продуктов почвообразования. Под влиянием промывного типа водного режима формируются почвы подзолистого типа, красноземы и желтоземы. При близком к поверхности залегании грунтовых вод, слабой водопроницаемости почв и почвообразующих пород формируется *болотный подтип* водного режима. Под его влиянием формируются болотные и подзолисто-болотные почвы.

3. *Периодически промывной тип* (КУ = 1, при колебаниях от 1,2 до 0,8). Этот тип водного режима отличается средней многолетней сбалансированностью осадков и испаряемости. Для него характерны чередование ограниченного промачивания почв и пород в сухие годы (непромывные условия) и сквозное промачивание (промывной режим) во влажные. Промывание почв избытком осадков происходит 1—2 раза в несколько лет. Такой тип водного режима присущ серым лесным почвам, черноземам оподзоленным и выщелоченным. Водообеспеченность почв неустойчивая.

4. *Непромывной тип* (КУ < 1). Характеризуется распределением влаги осадков преимущественно в верхних горизонтах и не достигает фунтовых вод. Связь между атмосферной и грунтовой водой осуществляется через слой с очень низкой влажностью, близкой к ВЗ. Обмен влагой происходит путем передвижения воды в форме пара. Такой тип водного режима характерен для степных почв — черноземов, каштановых, бурых полупустынных и серо-бурых пустынных почв. В указанном ряду почв уменьшается количество осадков, увеличивается испаряемость.

Коэффициент увлажнения снижается с 0,6 до 0,1.

Влагооборот захватывает толщу почв и грунта от 4 м (степные черноземы) до 1 м (пустынно-степные, пустынные почвы). Запасы влаги, накопленные в почвах степей

весной, интенсивно расходуются на транспирацию и физическое испарение и к осени становятся ничтожно малыми. В полупустынной и пустынной зонах без орошения земледелие невозможно.

5. *Выпотной тип* ($KУ < 1$). Проявляется в степной, полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. Преобладают восходящие потоки влаги по капиллярам от грунтовых вод.

6. *Ирригационный тип*. Он создается при дополнительном увлажнении почвы оросительными водами. При правильном нормировании поливной воды и соблюдении оросительного режима водный режим почвы должен формироваться по непромывному типу с коэффициентом увлажнения близкой к единице.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА.

Каждой почвенно-климатической зоне присущи те или иные типы водного режима почв, которые в зависимости от особенностей возделываемых культур требуют соответствующих мероприятий по его регулированию.

В таежно-лесной почвенно-климатической зоне и в других зонах, где наблюдается избыточное увлажнение почв, используют различные агротехнические приемы, направленные на отвод избыточной влаги из верхних горизонтов почвы: грядкование и гребневание, нивелировку микро- и мезопонижений. Избыточное увлажнение можно устранить созданием мощного, хорошо окультуренного пахотного слоя и рыхлением подпахотного горизонта, что обеспечивает повышение влагоемкости почвы и просачивание влаги в нижние слои. В таежно-лесной зоне иногда бывают засушливые годы, когда сельскохозяйственные культуры из-за недостатка продуктивной влаги резко снижают урожай.

В зонах лесостепи и степи с неустойчивым и недостаточным увлажнением почв основные задачи по регулированию водного режима сводятся к накоплению, сохранению и продуктивному использованию влаги выпадающих осадков для поддержания необходимой обеспеченности возделываемых культур. В этих зонах большое значение приобретают мероприятия, направленные на ослабление поверхностного стока воды, снегозадержание, уменьшение физического испарения воды из почвы.

Важная роль принадлежит системе обработки почвы, чистым парам, борьбе с сорняками, лесополосам. В засушливых районах Заволжья, Западной Сибири эффективны кулисные пары, способствующие увеличению запасов продуктивной влаги в метровом слое до 50 мм и более (Шульгин). Непроизводительные потери влаги на физическое испарение существенно уменьшаются при проведении весеннего боронования полей, а также при рыхлении поверхностных горизонтов почвы после дождей, предупреждающих образование корки. Послепосевное прикатывание почвы изменяет плотность поверхностного слоя пахотного горизонта по сравнению с остальной его массой. Разность плотностей почвы обуславливает капиллярный подток влаги из нижележащего слоя и помогает возникновению конденсации водяных паров воздуха. Применение минеральных и органических удобрений способствует более экономичному использованию влаги; водопотребление в расчете на 100 кг зерна снижается в среднем на четверть.

В овощеводстве для сохранения влаги широко применяют мульчирование почвы различными материалами.

Оптимизация водно-физических свойств почв, их структурного состояния способствует улучшению влагообеспеченности растений в различных почвенно-климатических зонах.

ЗАВИСИМОСТЬ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ, ВЛАГОЕМКОСТИ И ВОДООТДАЧИ ПОЧВ ОТ ЕЕ СТРУКТУРЫ.

Оборудование: прибор для демонстрации, песок, бесструктурная распыленная глинистая или тяжелосуглинистая почва, почва тяжелого механического состава с хорошей структурой, стакан объемом 200 мл, мерный цилиндр, воронка.

Ход работы:

1. Соберите три установки для определения водопроницаемости почвы. Для этого необходимо:

- взять три стеклянные трубки диаметром около 3-4 см и длиной не менее 25 см; завязать один конец каждой трубки марлей, предварительно закрыв его фильтровальной бумагой;

- заполнить первую трубку на 20 см от основания почвой с хорошей структурой; вторую - бесструктурной почвой; третью - бесструктурной песчаной почвой (песком). Почвы при заполнении ими трубок слегка уплотнить, следя за тем, чтобы объем ее во всех трубках был одинаков;

- поместить каждую стеклянную трубку нижним завязанным концом в воронку и укрепить ее на штативе;

- подставить под воронку стакан или колбу.

1. Точно заметив время, налейте во все трубки равные количества воды (100 мл).

2. Следите за проникновением воды в почву по потемнению намокающей ее части. Обратите внимание на различие в скорости проникновения воды в различные по структуре и механическому составу почвы.

3. Заметьте время появления первой капли воды со стороны нижнего конца трубки, которое даст представление об относительной водопроницаемости.

4. Дайте воде полностью стечь из почвы.

5. Замерьте количество вытекшей из почвы воды, по которому можно определить водоотдачу.

6. Вычтя количество вытекшей из трубки воды из того ее количества, которое было первоначально влито в трубку, установите, сколько воды удержалось в почве.

Последнее скажет о влагоемкости данной почвы.

Результаты запишите в таблицу

Количество воды, удержавшейся в почве, есть влагоемкость.

Таблица 1 1. Водопроницаемость, влагоемкость и водоотдача почв

Характеристика почвы	Количество воды, влитое в трубку, мл	Время появления первой капли, с	Количество воды, вытекшее из почвы, мл	Количество воды, оставшейся в почве, мл

Результаты работы:

По мере освоения данной работы студент должен иметь представления о разновидности почвенной влаги, водном балансе и о путях регулирования водного режима.

Тема 7. Воздушный, температурный и окислительно-восстановительный режимы почв (коллоквиум)

Цель: Изучить воздушные и тепловые режимы почв.

Содержание темы: Почвенный воздух. Воздушный режим почв и приемы его оптимизации. Тепловые свойства и тепловой режим почв. Тепловой и радиационный балансы почв.

Почвенный воздух, его состав и взаимодействие с твердой и жидкой фазами почвы. Оптимальный состав почвенного воздуха для роста сельскохозяйственных культур. Воздушные свойства; понятие о воздушном режиме. Динамика кислорода и углекислого газа почвенного воздуха. Тепловые свойства почв. Влияние гранулометрического состава, структуры, сложения, влажности и растительного покрова на тепловые свойства и тепловой режим почвы. Тепловой и радиационный балансы почвы. Система мероприятий по регулированию воздушного и теплового режима в разных почвенно-климатических зонах

В почвах — пористых системах — в том или ином количестве присутствует почвенный воздух (газовая среда). Это важнейшая, наиболее динамичная составная часть почвы находится в тесном взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы. Почвенный воздух является источником кислорода для дыхания корней растений, аэробных микроорганизмов и почвенной фауны.

Почвенный воздух — это смесь газов и летучих органических соединений, заполняющих поры почвы, свободные от воды. Кислород почвенного воздуха активно участвует в химических реакциях минеральных и органических веществ.

Одни химические элементы, окисляясь, переходят в труднорастворимые формы (железо, марганец), другие приобретают большую растворимость (сера, хром, ванадий), замедляя или ускоряя миграцию химических элементов. Окисление органического вещества почвы обуславливает круговорот углерода, азота, фосфора, серы и других биологически важных химических элементов.

Почвенный воздух является источником диоксида углерода для растений, используемым в фотосинтезе. От всего количества CO_2 , идущего на создание урожая, от 38 до 72 % поступает растению из почвы.

Почвенный воздух находится в почве в трех состояниях: свободном (защемленном), адсорбированном и растворимом.

Свободный почвенный воздух, находясь в крупных некапиллярных и капиллярных порах почвы, свободно перемещается в ней, обеспечивает аэрацию почв и газообмен между почвой и атмосферой.

Защемленный почвенный воздух — воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированный водными пробками. В глинистых почвах содержание защемленного воздуха может достигать 12 % и более, в среднем же 6—8 % общего объема почвы. Защемленный воздух неподвижен, практически не участвует в газообмене, препятствует фильтрации воды в почве. Вырываясь из пор при защемлении водой, защемленный воздух может вызвать разрушение почвенной структуры.

Адсорбированный почвенный воздух — это газы и летучие органические соединения, адсорбированные на поверхности почвенных частиц. Чем более дисперсна почва, тем больше содержит она адсорбированных газов при данной температуре. Адсорбция газов сильнее проявляется в почвах тяжелого гранулометрического состава, богатых органическим веществом. Газы в зависимости от их свойств адсорбируются в такой последовательности: $\text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}_2 < \text{NH}_3$. Более активно, чем газы, частицы почвы поглощают пары воды.

Растворенный почвенный воздух — газы, растворенные в почвенной воде.

Растворимость газов в почвенной воде возрастает с повышением их концентрации в

свободном почвенном воздухе, а также с понижением температуры почвы. Наиболее хорошо растворяются в воде аммиак, сероводород, диоксид углерода. В почве в условиях изменяющихся концентраций газов, температур, давлений, влажности постоянно протекают процессы сорбции—десорбции, растворения—дегазации. Находясь в состоянии подвижного равновесия, система почвенного воздуха связана с изменчивостью термодинамических условий и биологической активности. Потребность в кислороде корней растений удовлетворяется преимущественно за счет свободного почвенного воздуха, участвующего постоянно в газообмене между почвой и атмосферой.

СОСТАВ СВОБОДНОГО ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА

Первые сведения о составе почвенного воздуха были получены Ж. Буссенго в 1824 г. Состав свободного почвенного воздуха отличается от атмосферного.

Атмосферный воздух имеет относительно постоянный состав, чего нельзя сказать о почвенном воздухе. В почвенном воздухе меньше содержится кислорода, больше CO_2 . Изменяется и содержание азота в зависимости от протекания микробиологических процессов. В болотных и заболоченных почвах почвенный воздух может содержать заметные количества NH_3 , CH_4 , H_2 , H_2S .

В составе почвенного воздуха постоянно присутствуют летучие органические соединения, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Среди этих соединений могут быть углеводороды, спирты, сложные альдегиды. Эти вещества могут поглощаться корнями, способствуя росту растений и повышению их жизнедеятельности. Из всех газов почвенного воздуха наиболее динамичны кислород и диоксид углерода. Различную концентрацию кислорода и диоксида углерода в почвенном воздухе определяют, с одной стороны, интенсивностью потребления кислорода и продуцированием CO_2 , а с другой — скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом. Выделение CO_2 из почвы в приземный слой атмосферы принято называть *дыханием почвы*. В условиях хорошей аэрации кислорода поглощается почвой больше, чем выделяется углекислоты. Отношение содержания диоксида углерода в почвенном воздухе к содержанию кислорода называется *коэффициентом дыхания*. Для почв с плохим газообменом это отношение больше единицы. В таких почвах идут анаэробные процессы. Часть CO_2 может связываться химически с образованием гидрокарбонатов. Этот процесс получил название *ретенции CO_2* . Ретенция зависит от pH: при $\text{pH} < 5$ она не происходит. В щелочном интервале ретенция протекает очень интенсивно. Поэтому для почв засоленного ряда коэффициенты дыхания невысокие (0,16-0,35).

Диоксид углерода образуется в почве главным образом за счет биологических процессов. Частично CO_2 может поступать в почвенный воздух из грунтовых вод и в результате десорбции из твердой и жидкой фаз почвы. Некоторое количество CO_2 может образоваться вследствие превращения бикарбонатов в карбонаты при испарении почвенных растворов: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, в результате воздействия кислот на карбонаты почв, а также вследствие химического окисления органического вещества.

ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ.

Наиболее важными воздушными свойствами почв являются воздухоемкость, воздухопроницаемость, аэрация. Максимальное количество воздуха, которое может быть в почве, выраженное в объемных процентах, называют *общей воздухоемкостью*. Воздухоемкость почв зависит от их гранулометрического состава, сложения и оструктуренности. Различают также капиллярную и некапиллярную воздухоемкость. *Капиллярная воздухоемкость* характеризует количество почвенного воздуха, размещенного в капиллярных порах. Наибольшей капиллярной воздухоемкостью отличаются тяжелые по гранулометрическому составу бесструктурные плотные почвы.

Для обеспечения нормальной аэрации почв наибольшее значение имеет *некапиллярная воздухоемкость*, или порозность аэрации, — воздухоемкость межагрегатных пор, трещин, ходов червей, корней. Она связана со свободным почвенным воздухом.

Некапиллярная воздухоемкость при наименьшей влагоемкости имеет особое значение для аэрации. Если воздухоемкость при наименьшей влагоемкости составляет менее 15%, то аэрация почв недостаточная, чтобы обеспечить благоприятный состав почвенного воздуха. Оптимальные условия для газообмена создаются при содержании воздуха в минеральных почвах 20—25 %, в торфяных — 30-40 %.

Способность почвы пропускать через себя воздух называют *воздухопроницаемостью*. Это свойство определяет скорость газообмена между почвой и атмосферой. Она зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурного состояния, строения порового пространства. В естественных условиях воздухопроницаемость изменяется в широких пределах — от 0 до 1 л/с и выше.

Процессы обмена почвенного воздуха с атмосферным называют *аэрацией* или *газообменом*. Газообмен осуществляется через систему воздухоносных пор почвы, сообщающихся между собой и с атмосферой. Газообмен обусловлен несколькими факторами: диффузией, изменением температуры почвы и барометрического давления, изменением количества влаги в почве под давлением осадков, орошением, испарением, влиянием ветра, изменением уровня грунтовых вод или верховодки.

Поступление в почву влаги с осадками или при орошении вызывает сжатие почвенного воздуха, его выталкивание наружу и засасывание атмосферного воздуха.

Изменение температуры почвы и атмосферного давления, ветра и уровня грунтовых вод также вызывает объемные изменения воздуха в почве и влияет на газообмен.

Однако ведущим фактором газообмена в почве является диффузия. Это основной механизм массопереноса газов в почве и газообмена между почвой и атмосферой. Под *диффузией* понимают перемещение газов в соответствии с их парциальным давлением. Под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления O_2 в почву и выделения CO_2 в атмосферу.

Коэффициент диффузии равен объёму газа (в $см^3$), проходящего в секунду через 1 см^2 поверхности при мощности слоя 1 см и градиенте концентрации, равном единице.

Коэффициенты диффузии газов в почве и в атмосфере различны. Через почву диффузия газов протекает в 2—20 раз медленнее, чем в атмосфере. Отношение коэффициента диффузии в почве к коэффициенту диффузии в атмосфере меньше единицы.

ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ

Воздушный режим почвы — это совокупность всех явлений поступления воздуха в почву, его передвижения в ней и расхода, а также явлений обмена газами между почвенным воздухом, твердой и жидкой фазами, потребления и выделения отдельных газов живым населением почвы. Воздушный режим почв подвержен суточной, сезонной, годовой и многолетней изменчивости и находится в прямой зависимости от различных свойств почв, погодных условий, характера растительности, агротехники.

Для нормального произрастания растений необходимо оптимизировать воздушный режим почвы. Улучшение воздушного режима почв особенно важно там, где распространены почвы с временным избыточным увлажнением и при использовании болотных почв лесных земель.

В почвах легкого гранулометрического состава, а также в суглинистых и глинистых, но обладающих агрономически ценной структурой в верхних горизонтах содержание воздуха поддерживается на высоком уровне (20—25 % объема почвы).

В бесструктурных почвах тяжелого гранулометрического состава содержание почвенного воздуха зависит от состояния и увлажнения почвы. При относительной влажности, равной НВ, содержание воздуха в таких почвах может достигать критической величины (менее 15 % объема почвы).

На бесструктурных почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава нередко образуется почвенная корка. Обладая высокой плотностью и низкой пористостью, почвенная корка уже при влажности 17% препятствует нормальной аэрации. Поскольку оптимальный воздушный режим в основном зависит от состояния увлажнения почвы, то приемы регулирования водного и других режимов являются и приемами регулирования воздушного режима. Такие приемы, как окультуривание почв, регулирование их реакции, применение органических и минеральных удобрений, орошение или осушение почв, активизируют биологические процессы в почвах, повышают интенсивность дыхания в них при наличии доступной влаги. Важными приемами регулирования воздушного режима, особенно на малогумусных почвах тяжелого гранулометрического состава, также являются создание глубокого пахотного слоя, рыхление подпахотного, ликвидация почвенной корки. Для минеральных почв большое значение в создании оптимального воздушного режима имеет улучшение их гумусного состояния и структуры.

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Тепло — необходимый фактор жизни и роста растения. С ним связаны важнейшие биологические и абиотические процессы, протекающие в почве и определяющие развитие почвообразования и плодородия: интенсивность химических реакций, процессы физического выветривания, деятельность микроорганизмов и почвенной фауны, прорастание семян и рост растений, процессы обмена веществом и энергией. Знание закономерностей формирования теплового режима почв необходимо для его направленного регулирования с целью создания наиболее благоприятных условий для продуктивности возделываемых растений.

Главным источником тепла, поступающего в почву, является лучистая энергия Солнца (солнечная радиация). Небольшое количество тепла почва получает из глубинных слоев Земли и за счет химических, биологических и радиоактивных процессов, протекающих в верхних слоях литосферы. Тепло, образующееся при разложении органических веществ (навоза, растительных остатков), широко используют в овощеводстве закрытого грунта. Часть поступающей к поверхности почвы лучистой солнечной энергии поглощается почвой и, преобразуясь в тепло, нагревает почву; часть отражается поверхностью почвы и напочвенным покровом. Почва отдает тепло в атмосферу, если температура ее поверхности выше, чем температура приземного слоя воздуха.

В зависимости от соотношения количества поглощенной поверхностью почвы лучистой энергии и излучения почвой тепла в атмосферу почвенная поверхность будет или нагреваться, или охлаждаться. Наряду с поглощением тепла почвенной поверхностью идут процессы перемещения тепла от слоев более нагретых к слоям с более низкой температурой. Это сказывается на тепловом состоянии различных слоев почвы. Чем больше разность температур поверхности почвы и ее глубоких слоев, тем больше тепла уходит из почвы или поступает в нее.

Приток лучистой солнечной энергии к поверхности почвы зависит от широты и рельефа местности, состояния поверхности почвы (покрытие растительностью), а также времени года и суток и состояния атмосферы (ясно, пасмурно и пр.). В Северном полушарии суммарный приток солнечной радиации увеличивается при движении с севера на юг. Наибольший приток солнечной радиации получают южные, а наименьший — северные склоны. Наряду с условиями, определяющими приток солнечной энергии, важное значение в формировании теплового режима почвы (поглощение тепла, нагревание и охлаждение) имеют тепловые свойства почвы. К тепловым свойствам почвы относятся **теплопоглощательная способность, теплоемкость и теплопроводность.**

Теплопоглощательная способность — способность почвы поглощать лучистую энергию Солнца. Она характеризуется величиной альбедо (A). **Альбедо** — количество коротковолновой солнечной радиации, отраженной поверхностью почвы и выраженное в процентах общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы. Чем

меньше альbedo, тем больше поглощает почва солнечной радиации. Оно зависит от цвета, влажности, структурного состояния, выравненности поверхности почвы и растительного покрова.

Приведем альbedo (%) различных почв, пород и растительных покровов (Чудновский, 1959): чернозем сухой—14, чернозем влажный — 8, серозем сухой — 25—30, серозем влажный — 10—12, глина сухая —23, глина влажная — 16, песок белый и желтый — 30—40, пшеница яровая — 10—25, пшеница озимая — 16—23, травы зеленые — 26, травы высохшие —19, хлопчатник —20—22, рис — 12, картофель — 19.

Темно-каштановая почва и черноземы поглощает больше солнечной радиации, чем светло-каштановые, подзолистые и сероземы; влажная — больше, чем сухая.

Теплоемкость — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла в джоулях (калориях), необходимого для нагревания единицы массы (1 г) на 1 °С — весовая (или удельная) теплоемкость или объемная — в 1 см³ на 1 °С; зависит от минералогического, гранулометрического составов, содержания органического вещества, влажности, пористости почвы и содержания воздуха. Теплоемкость воды равна 1,000 кал, торфа —0,477, глины—0,233 и песка —0,196 кал.

Из этих данных видно, что вода — наиболее теплоемкий компонент почвы по сравнению с минеральными и органическими ее частями. Поэтому для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются, чем сухие. Глинистые почвы как более теплоемкие во влажном состоянии нагреваются весной медленнее по сравнению с песчаными почвами. Осенью при большем увлажнении они медленнее охлаждаются и становятся теплее песчаных почв. В связи с этим, изменяя влажность и пористость почвы поливами и обработкой, можно в определенных пределах регулировать температуру почвы.

Теплопроводность — способность почвы проводить тепло. От нее зависит скорость передачи тепла от одного слоя к другому, а, следовательно, и способность почвы быстрее или медленнее нагреваться или охлаждаться в определенной толще ее профиля. Она измеряется количеством тепла в джоулях (калориях), которое проходит за 1 с через 1 см² слоя почвы толщиной в 1 см. Отдельные составные части почвы имеют разную теплопроводность. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (0,00006 кал), затем торф (0,00027 кал) и вода (0,00136 кал). Теплопроводность минеральной части почвы в среднем в 100 раз выше, чем воздуха, и в 28 раз, чем воды.

Поскольку в почве наряду с ее твердой (органической и минеральной) фазой в порах присутствуют воздух и вода, то теплопроводность сильно зависит от влажности почвы и содержания в ее порах воздуха. Поэтому чем влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют *тепловым режимом почвы*. Основным показателем теплового режима почвы, который характеризует ее тепловое состояние, является температура генетических горизонтов почвенного профиля.

Поскольку приток лучистой солнечной энергии связан с его суточными и годовыми ритмами, то и для температуры почвы характерны суточные и годовые закономерности ее изменения.

Суточный ход температуры. Днем поверхность почвы нагревается и максимума температура достигается около 13 ч. Затем происходит постепенное охлаждение почвенной поверхности, и минимум ее температуры отмечается перед восходом солнца. По мере нагревания поверхности почвы происходит передача тепла и в более глубокие слои. При этом наиболее быстро изменяется температура.

Годовой ход температуры. Годовой ход температуры имеет два периода: летний — *период нагревания* почвы с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним и зимний —

период охлаждения почвы с потоком тепла от нижних слоев профиля к верхним. Амплитуды колебаний температуры почвы между этими периодами определяются условиями атмосферного климата и свойствами почв. В умеренных широтах максимум среднесуточной температуры почвы наблюдается обычно в июле — августе, а минимум — в январе — феврале. Летом самая высокая температура отмечается в верхних горизонтах, с глубиной она снижается. Зимой нижние слои профиля имеют более высокие температуры.

На годовые изменения температуры почвы большое влияние оказывает растительность, предохраняя поверхность почвы от резких колебаний температуры.

В регионах со снежными и холодными зимами сильное влияние на температурный режим оказывают промерзание, оттаивание почвы, мощность и продолжительность снежного покрова.

Почва начинает промерзать при температуре несколько ниже 0 °С, поскольку в почвенном растворе содержатся растворимые вещества, понижающие температуру замерзания. На замерзание почвы влияют снежный и растительный покровы, рельеф местности, свойства почвы, ее влажность, а также хозяйственная деятельность человека. *Снежный покров* предохраняет почву от промерзания: чем он меньше, рыхлее и длительнее сохраняется, тем больше утепляет почву и снижает глубину ее промерзания. Сохранение и накопление снега имеет большое значение в предохранении от вымерзания посевов озимых, многолетних трав и посадок плодово-ягодных культур.

Растительный покров, задерживая и накапливая снег, ослабляет промерзание почвы. *Рельеф* влияет на накопление снега и увлажнение почвы. Поэтому наибольшую глубину промерзания почвы наблюдают на выпуклых формах рельефа и наветренных склонах, где сдувается снег. Накопление снега в понижениях (лощинах, западинах) способствует меньшему промерзанию почвы. Глубже промерзают склоны северной экспозиции, а на меньшую глубину — южной. Чем влажнее почва, тем меньше она промерзает. При промерзании почвы идет подток парообразной и жидкой влаги к фронту промерзания. Замерзание почвы начинается до или после установления снежного покрова и продолжается до января — февраля. Затем она начинает постепенно оттаивать снизу за счет передачи тепла от нижних незамерзших слоев.

Влияние деятельности человека на промерзание почвы связано с применением растительного покрова (вырубка или посадка древесно-кустарниковой растительности, сохранение травянистой растительности и т. д.), что сказывается на накоплении снега или существенном изменении увлажнения (орошение, осушение).

Оттаивание почв происходит двумя способами. В первом оттаивание идет снизу и заканчивается до схода снега. При этом мерзлая прослойка исчезнет у поверхности почвы; талая вода в этом случае лучше проникает в почву. Во втором оттаивание начинается снизу, а затем одновременно и сверху, и снизу. В этот период мерзлая прослойка почвы сохраняется на некоторой глубине, что приводит к значительной потере воды и смыву почвы за счет поверхностного стока.

Для оценки теплообеспеченности почв как важной обобщающей характеристики их температурного режима используют сумму активных температур (>10 °С) в почве на глубине 20 см. Здесь расположена главная масса корней многих растений. Рост корневых систем растений активно происходит при температуре почвы выше 10 °С.

Сумма активных температур. Тепло-обеспеченность почвы на глубине 0,2 м, °С почв. Теплообеспеченность почв основных зон страны снижается с запада на восток.

Наилучшая теплообеспеченность у почв сухих и влажных субтропиков.

Для оценки температурного состояния почв и возможности выращивания культур, различных по требовательности к теплу, важное значение имеют также показатели суровости зимних почвенных условий. Такими показателями являются сумма отрицательных температур на глубине 20 см и средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы. По этим показателям выделяют почвы: теплые,

умеренно теплые, умеренные, умеренно холодные, холодные, мерзлотные и длительно сезоннопромерзающие. Учет показателей теплообеспеченности и суровости зимних почвенных условий необходим при районировании сортов сельскохозяйственных культур, разработке агротехнических и мелиоративных мероприятий.

ТИПЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют 4 типа температурного режима почв (по В. Н. Димо): *мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий и непромерзающий*.

Мерзлотный тип температурного режима характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель (ряд провинций полярной и Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной областей). В таких почвах преобладает процесс охлаждения, сопровождающийся промерзанием почвенной влаги до верхней границы многолетнемерзлых пород.

Длительно сезоннопромерзающий тип температурного режима проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Глубина проникновения отрицательных температур не менее 1 м, но смыкание сезоннопромерзающей толщи с многолетнемерзлыми породами не наблюдается.

Длительность промерзания не менее 5 мес.

Сезоннопромерзающий тип температурного режима отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 мес. Подстилающие породы немерзлые. Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима свойственны большей части территории Российской Федерации.

Непромерзающий тип температурного режима имеют территории, где промерзание профиля почв и морозность не проявляются. К ним относятся теплая южноевропейская фация и зоны субтропического пояса.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА

В сельскохозяйственной практике регулирование теплового режима имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий роста растений.

Улучшение теплового режима почв основывается на осуществлении приемов, регулирующих приток тепла солнечной радиации и ослабляющих или повышающих его потери за счет теплоотдачи в атмосферу.

В северных районах с повышенным увлажнением почв и меньшим притоком солнечной радиации эти мероприятия преследуют повышение температуры почвы в летний период, в южных засушливых — понижение ее температуры.

К приемам, регулирующим приток солнечного тепла к поверхности почвы, относят затенение почвы растительностью, мульчой, некоторые способы обработки почвы (рыхление и прикатывание поверхности почвы), гребневые и грядовые посевы.

Растительный покров, затеняя поверхность почвы, ослабляет приток к ней солнечного тепла и способствует понижению температуры почвы. Поэтому в жарких районах некоторые культуры (табак, кофе) возделывают под пологом древесных пород. Для этих целей применяют также создание кулис из высокостебельных растений и устройство легких навесов. Лесные полосы в летнее время понижают температуру почвы не только в самой полосе, но и в межполосном пространстве, что способствует большей устойчивости посевов против суховея.

Мульчирование поверхности почвы торфом, соломой, мульчбумагой и другими материалами широко применяют для регулирования температуры почвы, особенно в овощеводстве. Применение светлоокрашенной мульчи увеличивает альбедо и ослабляет нагревание, и, наоборот, темные материалы (черная мульчбумага, темная торфяная крошка) способствуют большему притоку тепла. Любое мульчирующее покрытие

заметно снижает испарение, а, следовательно, расход влаги и тепла. При мульчировании суточные колебания температуры почвы сглаживаются.

Обработка почвы и рыхление поверхностного слоя способствуют более быстрому обмену тепла в почве. Шероховатая поверхность обработанной почвы днем больше поглощает солнечной энергии, а ночью больше излучает тепла по сравнению с плотной поверхностью.

Рыхление почвы уменьшает ее теплопроводность и увеличивает лучеиспускательную способность. Поэтому такой прием снижает температуру почвы днем и способствует сохранению тепла в ночь.

В Нечерноземной зоне в овощеводстве для более быстрого прогревания верхнего слоя почвы применяют гребневые и грядковые посевы.

Полив — эффективный прием регулирования температуры почвы. При этом температура ее поверхностных слоев заметно снижается.

Осушение болотных торфяных почв заметно ухудшает их прогревание в весенне-летний период, так как при улучшении аэрации теплопроводность снижается.

Эффективными приемами регулирования теплового режима почв в холодное время являются *снежные мелиорации*. Снегозадержание одновременно и важный прием накопления влаги в почве. Его широко применяют в засушливых и континентальных районах, где снежный покров обычно невелик, а сильные морозы могут значительно повредить посевы полевых и посадки плодово-ягодных культур.

При небольшом снежном покрове температура почвы на глубине залегания узла кущения озимых (около 3 см) может достигать критических величин и вызвать повреждение или гибель растений. Накопление снега резко снижает отрицательные температуры в почве и глубину их проникновения.

Приемы регулирования теплового режима должны осуществляться с учетом почвенно-климатических и погодных условий и особенностей возделываемых растений.

В овощеводстве для улучшения температурного режима почв применяют биотопливо (навоз, компосты и др.), электрический, паровой и водяной обогревы. При паровом и водяном обогревах в теплицах под слоем культурной почвы на глубине 40—70 см прокладывают трубы, по которым подают горячую воду или пар.

Вопросы к теме:

1. Воздушный режим почв и методы его регулирования
2. Температурный режим почв и методы его регулирования
3. Окислительно-восстановительный режим почв и методы его регулирования

Результаты работы:

По мере освоения данной работы студент должен иметь представления о воздушном и тепловом режимах и о путях их регулирования.

Тема 8. Роль почвенного покрова в биосфере. (проблемный семинар - круглый стол).

Цель: Изучить значение почвенного покрова в биосфере.

Содержание темы: Почва как особое природное образование, обладающее рядом важных свойств.

Почва - особое природное образование, обладающее рядом свойств, присущих живой и неживой природе; состоит из генетически связанных горизонтов (образуют почвенный профиль), возникающих в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и организмов; характеризуется плодородием. Плодородие почвы – способность обеспечивать растения водой и пищей, позволяет ей участвовать в воспроизведении биомассы. Природное плодородие имеет различный уровень, зависящий от состава и свойств почв и факторов почвообразования. Под влиянием агротехнических, агрохимических и мелиоративных воздействий на почву, являющегося в сельском и в лесном хозяйстве основным средством производства приобретает эффективное, или экономическое плодородие, показателем которого служит урожайность с.-х. культур. Почвенный покров образует одну из геофизических оболочек Земли – педосферу. Основные геосферные функции почвы как природного тела обусловлены положением почвы на стыке живой и неживой природы. И главная из них – обеспечение жизни на Земле. Именно в почве укореняются наземные растения, в ней обитают мелкие животные, огромная масса микроорганизмов. В результате почвообразования именно в почве концентрируются жизненно необходимые организмам вода и элементы минерального питания в доступных для них формах химических соединений. Таким образом, почва – условие существования жизни, но одновременно почва – следствие жизни на Земле.

Роль почвы в природе. Почвенный покров образует одну из геофизических оболочек Земли - педосферу. Основные геосферные функции почвы как природного тела обусловлены положением почвы на стыке живой и неживой природы. И главная из них - обеспечение жизни на Земле. Именно в почве укореняются наземные растения, в ней обитают мелкие животные, огромная масса микроорганизмов. В результате почвообразования именно в почве концентрируются жизненно необходимые организмам вода и элементы минерального питания в доступных для них формах химических соединений. Таким образом, почва - условие существования жизни, но одновременно почва - следствие жизни на Земле.

Существуют следующие общие функции почв:

- Запасание энергии т.к. почва является важнейшим условием фотосинтетической деятельности растений.
- Обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов веществ
- Почва участвует в процессе регулирования состава атмосферы и гидросферы
- Регулирование биосферных процессов, в частности плотности и продуктивности живых организмов на земной поверхности
- Обеспечение существования жизни на земле

Но помимо этого существуют еще экологические и биосферные функции почвы, которые также необходимо знать при изучении и анализе почвенного покрова.

Экологические и биосферные функции почвы.

Экологические функции почв – учение о роли и формах участия почв в функционировании и динамике различных природных и социоприродных систем. Современные представления о экологических функциях почв позволяет преодолеть доминирующее одностороннее восприятие почвы как объекта сельскохозяйственного труда и трактовать почвенный покров Земли - педосферу как незаменимую планетарную

оболочку, без которой невозможно благополучие биосферы и общества. Выделяются две основные категории почвенных экофункций: глобальные и биогеоценоотические. Глобальные функции подразделяются на гидросферные, атмосферные, литосферные, общебиосферные и этносферные.

В группе **гидросферных функций** почв относятся: трансформация почвой поверхностных вод в грунтовые; участие почвы в формировании речного стока и влияние ее на биопродуктивность водоемов за счет приносимых почвенных соединений; работа почвы в качестве барьера, защищающего акватории от загрязнений и др. Антропогенная деятельность вызывает сильные изменения водного режима почв и водного баланса территорий. К сожалению, последствия этих изменений учитываются явно недостаточно, хотя во многих случаях они служат причиной крупных негативных явлений регионального и глобального масштаба. Среди них – нарушение естественного водообмена в геосистемах, гипертрофирование гидрологических функций почв, их переувлажнение при орошении, что сопровождается процессами вторичного засоления, опустынивания в аридных и семиаридных зонах.

Группа **атмосферных функций** почвы включает в себя: поглощение и отражение почвой солнечной радиации; регулирование влагооборота атмосферы; поставку в воздушную оболочку твердого вещества и микроорганизмов; поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство; регулирование газового режима атмосферы. Например в структурном пахотном горизонте почти полное обновление воздуха может происходить каждый час. Масштабы потребления и выделения газов почвой характеризуются исключительным размахом. За 1 ч. кислорода потребляется 1000-4000 л/га, в таких же примерно количествах выделяется углекислый газ. Важным является взаимодействие почвы с подземной атмосферой, представляющее весьма важную область исследований. Значимость этого вопроса становится все более очевидной в связи с установлением значительного разнообразия проявлений подземной атмосферы и большого ее удельного веса в суммарной газовой оболочке Земли.

Работы микробиологов показали, что в почве распространена микрофлора, окисляющая углеводороды, проникающие в нее из подземной атмосферы. Причем повышенные концентрации бактерий, окисляющих пропан и гептан, были обнаружены над залежами нефти и газа. В то же время в приземном воздухе этих районов до вскрытия месторождений углеводороды отсутствовали, что свидетельствует об эффективности работы почвенного бактериального фильтра. Экологическое значение данной функции почвенных и подпочвенных микроорганизмов трудно переоценить, ведь благодаря ее действию атмосферная среда обитания высших организмов оказывается защищенной от вредного действия горючих газов. Там, где в районе промыслов уничтожается почвенный защитный бактериальный фильтр, содержание углеводородов в атмосфере достигает десятых долей, а иногда и нескольких процентов.

Таким образом, можно констатировать, что газорегуляторная функция почвы наряду с аналогичной функцией наземных биоценозов – действенный механизм поддержания почвой атмосферы в определенном режиме, сформировавшемся в ходе эволюции. Это достигается многообразием и эффективностью конкретных форм влияния почвы на атмосферу, к которым относятся: выделение многочисленных газообразных почвенных продуктов в атмосферу, биологическое и физико-химическое поглощение газов тропосферы, фиксация газов, выделяющихся из недр Земли, и др.

Литосферные функции почвы включают в себя: биохимическое преобразование верхних слоев литосферы при участии почвообразовательного процесса; роль почвы как источника вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых; вклад почвы в защиту литосферы от чрезмерной эрозии, в обеспечение условий ее нормального развития и др.

Анализируя сущность основных литосферных функций почвы, необходимо иметь в виду, что верхняя часть каменной оболочки, граничащая с гидросферой и воздушной

оболочкой, находится в особых термодинамических условиях. Поверхностные горизонты литосферы испытывают постоянное разрушающее воздействие ряда агентов. На континентах особую разрушающую силу несут с собой движущиеся воды и ветер, наиболее интенсивно воздействующие на не защищенные почвенным и растительным покровом дневные горизонты геологических пород.

В группе **общебиосферных почвенных функций** почва выступает как среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши, связующее звено биологического и геологического круговоротов, планетарная мембрана, защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы, фактор биологической эволюции.

Особый интерес представляет роль почвы как среды обитания и фактора биологической эволюции. Роль почвы как среды обитания для растений и животных проявляется, прежде всего, в том, что именно с ней связаны существование большинства видов живых организмов и образование основной массы живого вещества планеты.

Доказано (М.С. Гиляров, Д.А. Криволицкий и др.), что без почвы оказалось бы невозможным то разнообразие наземных форм жизни, которое имеет место в настоящее время. Однако антропогенные воздействия на биосферу, приводящие к негативным изменениям в почвенной оболочке, ослабляют ее роль как благоприятной среды обитания для многих групп организмов, что с неизбежностью приводит к снижению биоразнообразия.

Значительная роль почвенного покрова в дифференциации географической оболочки и биосферы. Природные зоны отражают порядок чередования и пространственная ориентация зон определяют структуру континентальной части географической оболочки и биосферы.

Почва является фактором биологической эволюции. До сих пор оценка значимости почвы не реализована в полной мере. Анализируя почву ученые пришли к выводу о том, что почвенная оболочка промежуточная между водной и воздушной, через которую возможен постепенный переход от водного образа жизни к наземному. [3]

Этносферные функции почвы. Среди выдающихся достижений междисциплинарных направлений исследования взаимосвязей природы и общества в числе первых следует назвать географо-этнологические работы Л.Н.Гумилева, обобщенные им в монографиях «Этногенез и биосфера Земли» (1990), «Тысячелетие вокруг Каспия» (1993) и ряде других публикаций. Убедительно показав, что «разнообразие ландшафтов – вот причина этнической мозаичности антропосферы», ученый стимулировал многие науки по-новому оценить степень зависимости этносов и общества в целом от различных компонентов географической среды и биосферы в целом. Данная оценка должна коснуться и почвоведения, поскольку в прямой и опосредованной форме степень влияния почвы на этногенез весьма ощутимо. «Космические и планетарные вариации стоят на несколько порядков выше этногенезов, влияют на всю биосферу, включающую не только совокупность живых организмов, но и почвы... И хотя этносы – «капли в океане биосферы», они не могут не реагировать на ее флуктуации».

Анализ данного вопроса дает основание выделить категорию этносферных, а также социосферных функций почвы, существенно определяющих этногенез и жизнь этносферы и социосферы. Среди таких функций можно назвать: роль почвы как одного из важных факторов существования и динамики этносферы и социосферы; участие ее в формировании полезных ископаемых и энергетических ресурсов, используемых этносами Земли; почва как место для поселений, промышленных и дорожных объектов; сохранение почвой информации о развитии природной и этнокультурной среды и др. Актуальность социально-экономических почвенных исследований в региональном и глобальном масштабе все более возрастает в связи с нарастающей антропогенной деградацией биосферы и педосферы, чреватой неизбежными этническими напряжениями и катаклизмами.

Особую категорию образуют функции почв в биогеоценозах – наземных экосистемах [1]; **Биогеоценотические (БГЦ) функции** целесообразно объединить в группы в соответствии с основными свойствами почв. Физические, химические и физико-химические свойства почв определяют такие их функции, как: жизненное пространство; жилище и убежище; механическая опора; депо семян и других зачатков; источник элементов питания; стимулятор и ингибитор биохимических процессов, идущих в биогеоценозе; депо влаги, элементов питания и энергии; сорбент микроорганизмов и др. Важно подчеркнуть, что наиболее "популярная" функция почв как источника элементов питания – это одна из многих узловых биогеоценотических функций, но отнюдь не единственная. Поэтому ее чрезмерное усиление (например, с помощью минеральных удобрений) с неизбежностью приводит к существенным, часто неблагоприятным трансформациям других биогеоценотических функций. Это, к сожалению, очень долгое время не могли понять сторонники повышенных доз минеральных удобрений, внесение которых, как правило, сопровождается многими отрицательными последствиями.

В связи с разработкой учения об экологических функциях почв по-новому должно пониматься почвенное плодородие. В свете разрабатываемых представлений об экологической полифункциональности почвы, ее плодородие можно определить как одну из наиболее интегральных почвенных экологических функций, обеспечивающую формирование биомассы растений, имеющую относительный характер, отличающуюся сильной пространственно-временной изменчивостью и обусловленную взаимодействием различных свойств и функций почвы. По-видимому, целесообразно пользоваться двумя родственными понятиями: понятием биологической продуктивности почв – способностью обеспечивать рост, развитие и формирование биомассы различных организмов, связанных с почвой, и понятием плодородия почв, под которым подразумевается более конкретная функция – способность почвы обеспечивать создание биомассы растений.

Вышеприведенное понимание почвенного плодородия акцентирует внимание прежде всего на его многопричинной обусловленности, относительности и динамичности. Оно опирается на тесную зависимость способности почвы производить урожай от многочисленных ее свойств и экологических функций. Так, показательны примеры низких урожаев на удобренных почвах, зараженных паразитами растений, и резкого увеличения урожайности в случае их уничтожения.

Учение об экологических и биосферных функциях почв и его дальнейшая разработка во многом определяет развитие биосферологии и теории взаимодействия общества и природы. Оно предполагает новые подходы в охране почв, как незаменимого компонента биосферы – прежде всего подготовку Красной Книги и Кадастра особоценных почв.

Однако задача охраны почв и сохранение почвенного разнообразия на практике реализуется пока неудовлетворительно, что во многом связано, с продолжающим доминировать узкоутилитарным отношением к почвенным ресурсам. Поэтому крайне актуально возрождение бережного отношения к почве и воспитание чувства земли, в чем неопределимую помощь может оказать экологическая этика

Задание: дать письменный ответ на поставленные вопросы:

1. Атмосферные экологические функции почв
2. Гидросферные экологические функции почв
3. Литологические экологические функции почв
4. Биоценотические функции почв
5. Общебиосферные функции почв

Результаты работы:

По мере освоения данной работы студент должен иметь представления о значении почвенного покрова в биосфере и о путях их регулирования.

Тема 9. Морфологические признаки почв.

Анализ строения профиля серых лесных и черноземных почв по монолитам.

(форма проведения занятий - в малых группах)

Цель: *Изучить почвообразовательный процесс и описать наиболее распространенные типы почв и их свойства.*

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, лупа, фарфоровая чашка, миллиметровая бумага, нож, пинцет, вода, капельница с 10%-м раствором HCl, набор демонстрационных коллекций почвенных образцов, монолиты почв, почвенный атлас, таблицы результатов физических, химических и физико-химических анализов почв.

Ход работы:

1. Вначале следует ознакомиться с природными условиями таежно-лесной зоны, географическим распространением и генезисом глееподзолистых, подзолистых, дерново-подзолистых и дерновых почв по учебникам, почвенным атласам, лабораторному практикуму.

Затем нужно определить по коробочным образцам и монолитам морфологические признаки почв (строение почвы, мощность почвы и отдельных горизонтов, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования и включения). Описание нужно проводить последовательно по всем генетическим горизонтам; указывать характер границ между горизонтами, все данные записывать в тетрадь.

Необходимо зарисовать почвенный профиль цветными карандашами; для более полного описания морфологических признаков взять мазки почвы. Влажную почву, взятую из различных генетических горизонтов на кончик ножа, нужно нанести на бланк или на страницу тетради, расположив в виде колонки. Для этого с левой стороны отделить примерно треть страницы. Рядом с зарисовкой следует указать индексы генетических горизонтов.

Изучение морфологических признаков нужно закончить составлением полного морфологического описания с определением типа, подтипа, вида и разновидности почвы.

Затем следует изучить результаты физических, химических и физико-химических анализов почвы, объяснив генетический смысл анализов, и оценить их в агрономическом отношении.

В рабочей тетради нужно отметить содержание гумуса и компонентов алюмосиликатной части, рН, состав и содержание поглощенных оснований, илистой фракции и распространение их по профилю, что позволяет подтвердить название почвы.

В заключение нужно дать агрохимическую и агропроизводственную характеристику, определив важные для лесного и сельского хозяйства свойства почв (мощность гумусового слоя и гумусированность, гранулометрический состав, окультуренность, сложение почв, глубина залегания и качество грунтовых вод, рН солевой вытяжки, поглощенные основания и др.). Для подзолистых и дерново-подзолистых почв важны также следующие характеристики: степень оподзоленности и заболоченности, мощность подзолистого горизонта и глубина залегания его, гидrolитическая кислотность, каменистость.

2. Изучить и описать морфологические свойства серых лесных почв и черноземов по коробочным образцам и монолитам.

В рабочей тетради зарисовать в цвете профили зональных почв (светло-серых, темно-серых лесных; черноземов оподзоленных, выщелоченных, типичных, обыкновенных и южных).

Охарактеризовать свойства почв и сделать выводы об их использовании.

Кратко описать мероприятия по рациональному использованию почв.

Изучение морфологических признаков и описания профиля почвы.

Важная часть почвенных исследований — описание почвенного профиля по морфологическим признакам. По ним можно приблизительно судить о направлении и степени выраженности почвообразовательного процесса и классифицировать почвы. Чтобы получить полное и правильное представление о генетических и агрономических особенностях почв, надо изучение почв по морфологическим признакам сочетать с исследованием физических, химических и биологических свойств.

К главным морфологическим признакам относятся: *строение почвы, мощность почвы и отдельных ее горизонтов, окраска, механический состав, структура, сложение, новообразования и включения.*

Строение почвы — определенная смена в вертикальном направлении ее слоев, или генетических горизонтов. Эти горизонты отличаются один от другого цветом, структурой, сложением и другими морфологическими признаками. Они имеют различный химический, а нередко и механический состав, в них по-разному протекают микробиологические процессы.

То или иное строение почвы приобретают под влиянием природных процессов почвообразования и производственного использования земельных угодий.

В профиле почвы выделяется несколько горизонтов, а последние, в свою очередь, можно подразделить на подгоризонты. Каждый горизонт имеет свое название и буквенное обозначение (индекс).

Обычно выделяют следующие генетические горизонты: A_n — пахотный; A_0 — лесная подстилка; A_d — дернина; A — гумусово-аккумулятивный; A_2 — элювиальный; B — иллювиальный, переходный; G — глеевый; C — материнская порода; D — подстилающая порода.

Пахотный горизонт. На всех пахотных почвах с поверхности расположен пахотный горизонт, обозначаемый A_n . Этот слой образуется за счет верхних горизонтов почвы. В зависимости от типа почвы и мощности пахотного слоя в последний входит весь гумусовый горизонт (A_i) или часть его. Если мощность пахотного слоя превышает мощность горизонта A_1 , то в него войдут и расположенные ниже горизонты, например в дерново-подзолистой почве A_2 и даже часть горизонта B . Если распахивают целинную почву, то в пахотный слой войдет и горизонт A_0 .

Лесная подстилка (A_0). На непахотных (целинных и залежных) почвах с поверхности залегают горизонт разлагающихся органических остатков с примесью минеральных частиц. В лесах это слой лесной подстилки (опавшие листья, хвоя, ветки и т.д.), а на лугах и в степях — *дернина* (A_d) или степной войлок (опавшие стебли и листья, а также живые и мертвые узлы кущения травянистых растений).

Гумусово-аккумулятивный горизонт (A). Этот горизонт формируется в верхней части почвенного профиля. В нем накапливается (аккумулируется) наибольшее количество органического вещества (гумуса) и питательных веществ. Его окраска чаще более темная по сравнению с другими горизонтами.

Гумусово-элювиальный горизонт (A_i) характеризуется тем, что здесь наряду с накоплением гумуса происходит разрушение минералов и частичный вынос продуктов разрушения.

Элювиальный горизонт (A_2). Это горизонт, из которого в процессе почвообразования выносятся ряд веществ в нижележащие горизонты или за пределы почвенного профиля. В результате горизонт обедняется глинистыми минералами, полуторными окислами и относительно обогащается кремнеземом. В разных почвах элювиальный горизонт имеет различное наименование (подзолистый — в подзолистых и дерново-подзолистых почвах, осолоделый — в солодах).

Иллювиальный горизонт (B). В нем частично откладываются вещества, которые вымываются из почвенных горизонтов, расположенных выше, а иногда приносятся боковым током почвенно-грунтовых вод с повышенных элементов рельефа.

В зависимости от состава мигрирующих по профилю почв продуктов почвообразования иллювиальный горизонт может обогащаться различными соединениями — гумусом (B_h), илом (B_l), карбонатами (B_k), соединениями железа (B_{Fe}). В почвах, где не наблюдается явлений перемещения минеральной алюмосиликатной основы (черноземы, каштановые почвы), горизонт В не иллювиальный, а переходный от гумусово-аккумулятивного горизонта к породе.

Глеевый горизонт (G) образуется в гидроморфных почвах. Вследствие длительного или постоянного избыточного увлажнения и недостатка свободного кислорода в почве происходят восстановительные процессы, что приводит к образованию закисных соединений железа и марганца, подвижных форм алюминия, дезагрегированию почвы и формированию глесвого горизонта.

Сизовато-серой окраске глеевого горизонта обычно сопутствуют охристые пятна, образовавшиеся в результате попеременного проявления аэробных и анаэробных процессов в почве, а также черные или темно-бурые пятна из железомарганцевых новообразований. Если признаки глеевого процесса проявляются и в других горизонтах, то к их обозначению добавляют букву g, например A_{2g} , B_{1g} и т. д.

Материнская порода (C). Представляет собой не затронутую или слабо затронутую почвообразовательными процессами породу.

Подстилаящая порода (D). Выделяется в том случае, когда почвенные горизонты образовались на одной породе, а ниже нее расположена порода с другими свойствами.

Для более детальной индексирования горизонтов и отражения некоторых особенностей генезиса или состава к их основным обозначениям добавляют буквы, которые ставят справа и снизу основного индекса. Например, A_{gg} , B_g . Так, g обозначает признаки оглеения в данном горизонте; c — накопление легкорастворимых солей; k — обогащение карбонатами; h — накопление иллювируемого (вмытого) гумуса; g — скопление гипса; m — выделение метоморфических горизонтов; f — выделение иллювиально-железистых горизонтов.

Почвы могут иметь различное строение профиля. В одних случаях горизонты четко выделяются на почвенном профиле, в других — проявляются слабо. Это зависит главным образом от характера почвообразовательного процесса, возраста почвы и особенностей материнских пород. В случае постепенной смены одного горизонта другим обособляется переходный горизонт, несущий признаки обоих горизонтов. Такие горизонты обозначают двойными основными буквенными индексами: A_0A_1 , A_1A_2 ; A_2B ; B/C и т. п. В молодых почвах генетические горизонты выражены неотчетливо. В почвах пойм, развивающихся на слоистых иллювиальных наносах, генетические горизонты бывают замаскированы слоистостью самой породы, поэтому их профиль приходится разделять на слои с обозначением римскими цифрами — I слой, II слой.

Мощность почвы и отдельных ее горизонтов. Мощностью почвы называется ее вертикальная протяженность, то есть толщина «от ее поверхности вглубь до не измененной почвообразовательными процессами части материнской породы» (А. Н. Сабанин). У различных почв мощность неодинакова, с колебаниями от 40—50 до 100—150 см.

Отмечая мощность того или иного горизонта, указывают его верхнюю и нижнюю границы, например A_n 0—20 см, A_1 20—25 см и т. д. При таком отсчете видна не только мощность горизонта, но и глубина его расположения.

При выделении почвенных горизонтов необходимо обращать внимание на характер границы между ними. Различают ровные, извилистые, постепенные, ясные и резкие границы.

При ровной границе переход от одного горизонта к другому имеет вид прямой или слабоволнистой линии.

Извилистая граница наблюдается в том случае, когда одни почвенные горизонты заходят в другие в виде «языков», «затек» или «карманов». В этом случае для установления мощности горизонтов берут среднее из нескольких измерений с указанием пределов колебаний мощности.

Переход считается постепенным, если окраска одного горизонта сменяется другой окраской, на протяжении больше 5 см, ясным — на протяжении 2—5 см и резким — на протяжении не более 2 см.

Окраска почв представляет наиболее доступный и прежде всего бросающийся в глаза морфологический признак. С учетом других признаков и свойств окраска почвы — существенный показатель принадлежности ее к тому или иному типу. Недаром многие почвы получили название в соответствии со своей окраской - подзол, краснозем, чернозем и т.д. Окраска почв отражает их зональные особенности. Каждой почвенно-климатической зоне присущи характерные цветовые оттенки почв. Так, почвы таежно-лесной зоны имеют светлые, серые и белесые тона, почвы лесостепной зоны — серые и темно-серые, лугово-степной (черноземной) — темно-серые и черные, почвы сухих и пустынных степей — каштановые и бурые тона и т. д.

Окраска почв изменяется не только в зональном масштабе, но и внутри зон.

В окраске почв, в их оттенках и переходах очень ярко отражаются особенности почвообразовательного процесса. Поэтому наблюдения за окраской, за изменением цветовых оттенков в различных почвах, а также в одной и той же почве, но в разных ее горизонтах могут дать много для понимания сущности происходящих в почвах процессов и для раскрытия их происхождения.

Окраска почв имеет и большое агрономическое значение. Практики-земледельцы всех континентов с давних времен судили о качестве земель, о плодородии почв по их окраске. При этом большое плодородие почв чаще ставилось в зависимость от богатства гумусом, а, следовательно, было связано с черной или темно-серой окраской.

Гумусовые вещества обуславливают черную, темно-серую и серую окраску.

В некоторых случаях черная окраска может быть связана и с другими причинами. Так, в верхних горизонтах подзолистых и дерново-подзолистых почв встречаются в виде очень небольших пятен (пунктуации) скопления окислов и гидратов окислов марганца, имеющих черный цвет. В болотных почвах черный цвет иногда может быть обусловлен присутствием сернистого железа. И, наконец, темная окраска может зависеть от цвета почвообразующей породы, на которой почва сформировалась. Например, почвы, формирующиеся на юрских глинах или на углистых сланцах, имеют темную окраску всех горизонтов.

Соединения окисного железа придают почве красную, оранжевую и желтую окраску. Наибольшую роль из соединений окисного железа играют безводные (Fe_2O_3) и водные окислы (гидраты) ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$). Соединения закисного железа окрашивают почву или отдельные ее горизонты и участки в сизые и голубоватые тона. Встречающийся, например, в болотных почвах вивианит [$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$] придает им зеленовато-голубой оттенок. Кремнезем (SiO_2), углекислый кальций ($CaCO_3$) и каолинит ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O$) обуславливают белую и белесую окраску. В ряде случаев заметную роль в приобретении почвой белесоватых оттенков могут играть гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) и легкорастворимые соли ($NaCl$, $Na_2SO_4 \cdot 8H_2O$ и др.).

На окраску влияет структурное состояние. Почвы, находящиеся в комковатом, зернистом или глыбистом состоянии, кажутся темнее, чем в распыленном (бесструктурном). Большое влияние на окраску оказывает влажность почвы. Влажные почвы всегда кажутся более темными, чем сухие. Более темная окраска почв в полевых условиях наблюдается утром и вечером. Поэтому определять ее в ранние и поздние часы нежелательно.

Окраску почвы обычно трудно бывает охарактеризовать каким-нибудь одним цветом, поэтому приходится указывать степень ее интенсивности (например, светло-бурая, темно-бурая), отмечать оттенки (например, белесая с желтоватым оттенком) или же называть промежуточные тона (коричнево-серая, серо-бурая). Если почвенные горизонты не имеют однородной окраски, их характеризуют как пестрые или пятнистые. При этом отмечают основной тон окраски и цвет пятен.

Механический состав.

Структура. Структурой называют отдельности (агрегаты), на которые способна распадаться почва. Они состоят из соединенных между собой механических элементов и мелких агрегатов.

Форма, размер и качественный состав структурных отдельных в различных почвах, а также в одной почве, но в разных ее горизонтах неодинаковы.

По С. А. Захарову различают три основных типа структуры:

- 1) кубовидную — структурные отдельности равномерно развиты по трем взаимно перпендикулярным осям;
- 2) призматическую — отдельности развиты преимущественно по вертикальной оси;
- 3) плитовидную — отдельности развиты преимущественно по двум горизонтальным осям и укорочены в вертикальном направлении.

Каждый из перечисленных типов в зависимости от характера ребер, граней и размера подразделяется на более мелкие единицы.

В зависимости от размера структуру подразделяют (по П. В. Вершинину) на следующие группы:

- 1) мегаструктура (глыбистая) — больше 10 мм;
- 2) макроструктура — 10—0,25 мм;
- 3) грубая микроструктура — 0,25—0,01 мм;
- 4) тонкая микроструктура — меньше 0,01 мм.

Почва может быть структурной и бесструктурной. При структурном состоянии масса почвы или породы разделена на отдельные той или иной формы и величины. При бесструктурном или раздельночастичном состоянии отдельные механические элементы, слагающие почвы, не соединены между собой в более крупные отдельные, а существуют раздельно или залегают сплошной цементированной массой. Типичным примером бесструктурного состояния является рыхлый песок. В бесструктурном состоянии могут находиться почвы и иного механического состава. Между структурными и бесструктурными почвами имеются и переходные почвы, у которых структура выражена слабо. В любом из почвенных горизонтов структурные отдельности не бывают одного размера и формы. Чаще всего структура бывает смешанной, что при описании отмечают двумя или даже тремя словами: комковато-зернистая, комковато-пылеватая, комковато-пластинчато-пылеватая и т.д.

Различным генетическим горизонтам почв присущи определенные формы структуры.

Так, комковатая и зернистая структура присуща дерновым горизонтам, пластинчато-листоватая — элювиальным, ореховатая — иллювиальным (особенно серым лесным почвам). Призматическая структура типична для иллювиальных горизонтов подзолистых и лесостепных почв, сформировавшихся на тяжелых покровных суглинках, или для черноземов и каштановых почв, образовавшихся на суглинистых и глинистых породах, имеющих в поглощенном состоянии натрий.

Сложение — внешнее выражение плотности и пористости почвы. Оно зависит от механического состава, структуры, а также деятельности почвенной фауны и развития корневых систем растений. Кроме того, плотность определяется и цементированием почвенных частиц минеральными коллоидами — кремнекислотой и полуторными окислами. По степени плотности почвы подразделяются на слитые (очень плотные), плотные, рыхлые и рассыпчатые.

Слитое сложение характеризуется очень плотным прилеганием частиц, образующих нередко сцементированную, с большим трудом разламывающуюся массу; нож в нее не входит, можно его лишь вбить. Присуще для иллювиальных горизонтов солонцов и сцементированных, оруденелых горизонтов подзолистых почв.

Плотное сложение требует значительных усилий для вдавливания ножа в почву. Оно типично для иллювиальных горизонтов суглинистых и глинистых почв.

Рыхлое сложение наблюдается в хорошо оструктуренных гумусовых горизонтах, а также в пахотных, если почву обрабатывали в спелом состоянии.

Рассыпчатое сложение характерно для пахотных горизонтов песчаных и супесчаных почв. Частицы почвы не связаны друг с другом, и масса почвы обладает сыпучестью.

Пористость характеризуется формой и величиной пор внутри структурных отдельностей или между ними.

По расположению пор внутри структурных отдельностей различают следующие типы сложения: 1) тонкопористое — почва пронизана порами диаметром менее 1 мм;

2) пористое — диаметр пор колеблется от 1 до 3 мм; примером подобного сложения может служить лёсс;

3) губчатое — в почве встречаются пустоты размером от 3 до 5 мм;

4) ноздреватое (дырчатое) — в почве имеются пустоты диаметром от 5 до 10 мм; подобное сложение, обусловленное деятельностью многочисленных землероев, встречается в сероземных почвах, оно характерно также для известковых туфов;

5) ячеистое — пустоты превышают 10 мм, встречается в субтропических и тропических почвах;

6) трубчатое — пустоты в виде каналов, прорытые землероями.

По расположению пор между структурными отдельностями различают следующие типы сложения почв в сухом состоянии:

1) тонкотрещиноватое — при ширине полостей меньше 3 мм;

2) трещиноватое — при ширине полостей от 3 до 10 мм;

3) щелеватое — полости шириной больше 10 мм.

Сложение — важный показатель при агрономической оценке почвы. От него зависит возможность обработки почвы сельскохозяйственными орудиями, а также проникновение воды и корней растений в почву.

Новообразования и включения.

Новообразования — скопления веществ различной формы и химического состава, которые формируются и откладываются в горизонтах почвы. В результате физических, химических и биологических процессов, происходящих в почвах, а также непосредственного воздействия на почву растений и животных возникают новообразования химического и биологического происхождения. Химические новообразования в почве возникают вследствие химических процессов, которые приводят к появлению различного рода соединений. Выпадая в осадок вследствие коагуляции, кристаллизации или под влиянием других причин и накапливаясь при многократном повторении указанных явлений, эти соединения формируются в химические новообразования.

Химические новообразования по форме разделяют на следующие группы:

1) выцветы и налеты — химические вещества (например, растворимые соли) выступают на поверхности почвы или на стенке разреза в виде тончайшей пленочки;

2) корочки, примазки, потеки, выступая на поверхности почвы или по стенкам трещин, образуют слой небольшой толщины;

3) прожилки и трубочки — вещества занимают ходы червей или корней, поры и трещины почвы;

4) конкреции и стяжения — скопления различных веществ более или менее округлой формы;

5) прослойки — вещества накапливаются в больших количествах, пропитывая отдельные слои почвы.

По составу химические новообразования подразделяют на следующие группы.

1. Скопления легкорастворимых солей, главным образом NaCl, CaCl₂, MgCl₂.
2. Скопления гипса.
3. Скопления углекислой извести.
4. Скопления окислов и гидратов окисей железа, марганца и фосфорной кислоты.
5. Закислые соединения железа.
6. Скопления кремнекислоты.
7. Выделения и скопления органических веществ.

Новообразования биологического происхождения (животного и растительного) могут иметь разные формы.

Включениями называют присутствующие в почве тела органического или минерального происхождения, образование которых не связано с почвообразовательным процессом.

К включениям относятся: 1) корни и другие части растений различной степени разложения (корневища, луковицы, запаханные пожнивные остатки и навоз, остатки лесной подстилки и т.д.); 2) раковины и кости животных; 3) валуны и другие обломки горных пород; 4) кусочки кирпича, угля, стекла и т. п.; 5) археологические находки (кости животных, посуда или ее черепки, остатки оружия и украшений и т.п.).

При описании почвенного разреза, кроме учета рассмотренных выше морфологических признаков, определяют механический состав, степень увлажнения и некоторые химические свойства почвы.

Описание монолита. При изучении почвы морфологические признаки последовательно описывают по всем генетическим горизонтам.

В результате создается цельное представление обо всем вертикальном профиле почвы, что дает возможность определить название почвы, то есть отнести ее к тому или иному типу, подтипу, виду и разновидности, и судить пока приблизительно о ее происхождении и агрономических свойствах.

Влажную почву, взятую из различных генетических горизонтов на кончик ножа, наносят на бланк и располагают в виде колонки, что дает довольно полное представление о цвете этих слоев, их механическом составе, пластичности и других свойствах.

Учитывая, что деление почв на виды чаще всего основывается на различной мощности генетических горизонтов (прежде всего гумусового), необходимо очень тщательно определять их границы в почвенном профиле. Кроме измерения вертикальной протяженности каждого горизонта (с точностью до 1 см), дают мощность слоя (например A₂ (10-27) / 17)

При выполнении заданий по описанию профилей различных почв студент должен уметь определить почву в соответствии с принятой системой таксономических единиц в систематике почв, то есть указать тип, подтип, род, вид, разновидность и разряд почвы.

В почвоведении в систематике почв приняты следующие основные таксономические единицы:

тип, подтип, род, вид, разновидность, разряд.

Тип — большая группа почв, развивающихся в однотипных биоклиматических и гидрологических условиях и характеризующихся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Характерные черты почвенного типа определяются однотипностью:

- 1) поступления органических веществ, темпа и характера их разложения;
- 2) процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органических веществ;

- 3) строения почвенного профиля;
- 4) направленности мероприятий по увеличению и поддержанию плодородия почв.

Подтип — группа почв в пределах типа, качественно различающихся выработкой основного процесса почвообразования и проявлением одного из налагающихся процессов.

Род — группа почв в пределах подтипа, качественные особенности которых определяются местными условиями, например почвообразующей породой (включая и химизм грунтовых вод), предысторией развития почв и т. д.

Вид — почвы в пределах рода, различающиеся степенью развития почвообразовательного процесса.

Понятие «вид» используют для обозначения количественных степеней развития почвообразовательных процессов, присущих почвенному типу. Например, выделение видов подзолистого типа почв по степени оподзоленности (слабо-, средне- и сильноподзолистые), для черноземного типа почв по мощности гумусового горизонта — маломощные, среднемощные, мощные и т. д.

Под почвенной разновидностью понимают группы почв, различающиеся по механическому составу (песчаные, супесчаные, легко-, средне-, тяжелосуглинистые и глинистые) в пределах вида.

Почвенный разряд предусматривает разделение почв одной разновидности в пределах одного генетического вида по характеру почвообразующих пород с учетом их происхождения и петрографического состава.

Серые лесные почвы. Серые лесные почвы распространены преимущественно в северной части лесостепной зоны. Характеризуются следующими чертами строения профиля. В целинных почвах выделяется горизонт лесной подстилки (Ao) или дернины (Лд). Ниже залегает гумусовый слой ($A_1+A_1A_2$). Его окраска изменяется от светло-серой до темно-серой. Главная морфологическая особенность лесостепных почв — заметное разделение гумусового слоя на два горизонта: A_1 гумусовый горизонт — верхняя наиболее гумусированная часть и A_1A_2 — переходный горизонт (нижняя часть) или гумусово-оподзоленный, прокрашенный гумусом и имеющий одновременно признаки оподзоливания в виде кремнеземистой присыпки.

Интенсивность окраски гумусом усиливается от светлосерых почв к темно-серым, а признаки оподзоливания ослабевают.

Горизонт A_1A_2 сменяется переходным горизонтом (A_2B), ореховатой или ореховато-плитчатой структуры с обильной кремнеземистой присыпкой. Постепенно переходит в уплотненный иллювиальный горизонт В с ореховатой или орехово-призматической структурой, по граням которой имеются гумусовые примазки и лакировка, а также кремнеземистая присыпка. По степени выраженности этих признаков может подразделяться на B_{1b} , B_2 (BC). Горизонт В постепенно переходит в породу (С), которая на некоторой глубине (120—200 см) содержит карбонаты в виде прожилок и журавчиков (рис. 9). Классификация серых лесных почв приведена в таблице 7.

Светло-серые лесные почвы (II_1) — по морфологическим признакам и свойствам близки к дерново-подзолистым. Горизонт A_1 небольшой мощности (15—20 см и меньше), светло-серый, со слабо выраженной комковато-пластинчатой структурой, на пахотных почвах $A_{пах}$ бесструктурный и распылен. Переходный горизонт (A_1A_2) имеет четкие признаки оподзоленности — белесоватый оттенок, чешуйчатую, пластинчатую или плитчато-ореховатую структуру с обильной кремнеземистой присыпкой.

Горизонт A_2B хорошо выражен, с отдельными гумусовыми затеками, по граням ореховато-призматической или ореховато-плитчатой структуры кремнеземистая присыпка. Иллювиальный горизонт (В) сильно уплотнен, имеет отчетливую ореховато-

призматическую структуру с кремнеземистой присыпкой и лакировкой по граням. Обычно в конце второго метра профиля в породе — выделение карбонатов.

Серые лесные почвы (J_2) отличаются более мощным гумусовым горизонтом (до 25—30 см); на пахотных почвах часть его обычно еще выделяется ниже Апах. Оподзоленный горизонт (A_1A_2) интенсивнее, чем у светло-серых почв, прокрашен гумусом, орехо ватой структуры с заметной кремнеземистой присыпкой. Горизонт A_2B у среднеоподзоленных видов иногда отсутствует. Иллювиальный горизонт имеет обильную кремнеземистую присыпку и гумусовые примазки на гранях ореховато-призматических структурных отдельностей. Обычно растянут и подразделяется на B_1 , B_2 и B/C .

Темно-серые лесные почвы (J_3) по признакам и свойствам близки к оподзоленным черноземам. Гумусовый горизонт A_1 более мощный (до 30—35 см), темно-серый, комковатой структуры. Горизонт A_1A_2 интенсивно окрашен гумусом, ореховатой структуры с кремнеземистой присыпкой на гранях. Горизонт A_2B отсутствует. Иллювиальный горизонт выделяется темно-бурой окраской, заметно уплотнен, отчетливо выражена ореховато-призматическая структура. Белесый налет кремнеземистой присыпки необильный, книзу уменьшается. На глубине 150—200 см в породе выделяются карбонаты.

Серые (светло-серые и темно-серые) лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом имеют ниже оподзоленного горизонта A_1A_2 второй гумусовый горизонт (Ah), более темный пепельно-серый или пепельно-черный, мелко-ореховатой или плитчато-ореховатой структуры с кремнеземистой присыпкой. Постепенно сменяется иллювиальным горизонтом B бурого цвета с гумусовыми затеками, ореховатой структуры и иногда пятнами оглеения.

Серые (светло-серые и темно-серые) лесные глеевые почвы приурочены к местам повышенного увлажнения. Имеют более мощный гумусовый горизонт. Отличаются признаками оглеения. По степени оглеения подразделяются на виды — глееватые и глеевые. У глееватых признаки оглеения в виде отдельных ржавых и сизых пятен в горизонтах B_2 или BC в случае переувлажнения грунтовыми водами или в горизонтах A_1 и A_1A_2 при поверхностном переувлажнении. В глеевых почвах признаки оглеения выражены интенсивнее.

Серые (светло-серые, серые и темно-серые) лесные глеевые осолоделые почвы имеют более отчетливо выраженную кремнеземистую присыпку, менее кислую реакцию, повышенное залегание карбонатов по сравнению с глеевыми неосолоделыми почвами. Иллювиальный горизонт сильно уплотнен и ясно выражен. 5%-ная КОН-вытяжка всегда показывает избыточное содержание SiO_2 . Подразделяются по степени оглеения на глееватые и глеевые.

Рассмотренные три рода серых лесных почв наиболее широко распространены в лесостепи Западной Сибири.

Серые (серые и темно-серые) лесные остаточ-но-карбонатные почвы развиваются на продуктах выветривания карбонатных пород (известняков, мергелей, карбонатных глин и т. п.). Их особенность — более сильная гумусированность, отсутствие или очень слабые признаки оподзоливания и неглубокое залегание карбонатов (вскипание от 10%-ной HCl).

Черноземные почвы. Черноземы сформировались под степной и разнотравно-степной растительностью и характеризуются большими запасами органического вещества, что выражается в наличии мощного (в среднем 50—100 см) гумусового слоя с высоким содержанием гумуса (4—10% и более в верхнем горизонте).

Строение профиля. В профиле черноземов выделяются следующие генетические Горизонты: A_0 , A , B_1 , B_2 , C .

А₀ — степной войлок, имеется только у целинных почв и состоит из переплетенных остатков травянистых растений.

А — гумусовый (гумусово-аккумулятивный) горизонт мощностью от 20 до 50 см.

Это верхняя наиболее прокрашенная и богатая гумусом часть гумусового слоя темно-серой или черной окраски с хорошо выраженной зернистой или комковато-зернистой структурой.

На пахотных почвах значительная часть этого горизонта вовлечена в обработку и образует пахотный горизонт А_п.

В₁ — переходный гумусовый горизонт. Это нижняя часть гумусового слоя, отличается от горизонта А ослаблением прокрашки гумусом, появлением буроватого оттенка, усиливающегося книзу. Структура горизонта зернисто-комковатая или комковатая, постепенно вниз по профилю увеличивается размер комковатых отделеностей.

У некоторых подтипов чернозема (типичные, южные) в горизонте В наблюдается выделение карбонатов. Переход в следующий горизонт языковатый (затеками).

В₂ — переходный горизонт гумусовых затеков, неоднородной окраски.

Имеет более грубую крупнокомковатую или комковато-призматическую структуру. Присутствуют (за исключением оподзоленных и сильновыщелоченных черноземов) карбонаты кальция в виде псевдомицелия, белоглазки, журавчи-ков и т. п.

С — материнская порода, содержит много карбонатов в виде псевдомицелия, белоглазки.

При описании профиля черноземов важным их диагностическим показателем является глубина вскипания от НС1.

В профиле черноземов часто встречаются следы деятельности землероев (сусликов, хомяков, других животных) в виде так называемых «кротовин». В нижних негумусированных горизонтах они заполнены почвой из гумусового слоя и выделяются в виде темных округлых пятен, а в гумусированных — представлены пятнами нижних слоев.

Классификация черноземов по подтипам, родам и видам приведена в таблице 8.

Кроме того, черноземы делятся на виды по мощности гумусового слоя (А+В₁) на маломощные <40 см, среднемощные 40—80 см, мощные 80—120 см и сверхмощные >120 см;

по содержанию гумуса в верхнем горизонте на малогумусные <6%, среднегумусные 6—9 и высокогумусные (тучные) >9%.

Деление черноземов на подтипы в связи с фаціальными особенностями почвообразования дано в таблице.

Фаціальные группы подтипов черноземов.

Теплые южноевропейские	Умеренные восточноевропейские	Холодные западносибирские	Глубокопромерзающие восточносибирские
Оподзоленные теплые	Оподзоленные	Оподзоленные холодные	--
Выщелоченные теплые	Выщелоченные	Выщелоченные холодные	Выщелоченные глубокопромерзающие
Типичные теплые	Типичные	Типичные холодные	--
Обыкновенные теплые	Обыкновенные	Обыкновенные холодные	Обыкновенные глубокопромерзающие
Южные теплые	Южные	Южные холодные	Южные глубокопромерзающие

Черноземы оподзоленные (Ч^{оп}). Главный отличительный морфологический признак их — кремнеземистая присыпка в гумусовом слое. Обычно она в виде белесоватого налета как бы припудривает структурные отдельности в горизонте В₁ но при более высокой оподзоленности белесый налет бывает в горизонте А. В этом случае обильная кремнеземистая присыпка придает гумусовому горизонту чернозема седовато-пепельный оттенок.

Гумусовый профиль темно-серый в горизонте А, заметно светлеет в горизонте В₁. Мощность гумусового слоя (А+В₁) колеблется от 70—100 см (теплая южноевропейская фация) до 30—50 см (холодная западная и среднесибирская фации). Горизонт карбонатов и линия вскипания залегают значительно ниже границы гумусового слоя (на глубине 1,3—1,5 м). Поэтому в оподзоленных черноземах под гумусовым слоем выделяется иллювиальный уплотненный выщелоченный горизонт, имеющий ореховатую или призматическую структуру, с отчетливой лакировкой, гумусовыми примазками и кремнеземистой присыпкой на гранях. Постепенно эти признаки ослабевают, и горизонт переходит в породу, содержащую карбонаты в виде известковых трубочек, журавчиков или дутиков.

Слабооподзоленные черноземы имеют кремнеземистую присыпку в нижней части горизонта В₁ и в горизонте В₂. У среднеоподзоленных черноземов присыпка распространена по всему гумусовому слою, а также в нижележащих горизонтах (В₂ и В₃).

Черноземы выщелоченные (Ч^в) в отличие от оподзоленных не имеют кремнеземистой присыпки в гумусовом слое. Главная их морфологическая особенность — отсутствие свободных карбонатов в гумусовом слое. Под ним залегают выщелоченный от карбонатов горизонт В₂ различной мощности. Поэтому линия вскипания проходит ниже границы горизонта В₁.

Горизонт А обычно имеет темно-серую или черную окраску, отчетливо выраженную (особенно в подпахотном слое) зернистую или зернисто-комковатую структуру. Мощность его колеблется от 30 до 50 см. Переход в горизонт В₁ постепенный и выявляется по буроватому или коричневому оттенку в окраске, который заметно усиливается книзу. Структура комковатая. Размер комочков книзу постепенно увеличивается.

Мощность гумусового слоя (А+В₁) колеблется от 80 до 150 см (теплая фация) до 30—45 см (восточносибирская фация).

Характерный для этого подтипа черноземов выщелоченный горизонт В₂ имеет буроватую окраску, гумусовые затеки и примазки по граням ореховато-призматической или призматической структуры. Переход в горизонт В₃(ВС) или С ясный, и граница выделяется скоплением карбонатов в виде известковой плесени, прожилок, которые определяют более светлую по сравнению с выщелоченным горизонтом В₂ окраску этого горизонта (рис. 10).

В основу деления выщелоченных черноземов на виды по степени выщелоченности положена мощность выщелоченного горизонта В₂, то есть слоя между нижней границей горизонта В₁ и линией вскипания от НС₁.

У слабовыщелоченных черноземов линия вскипания проходит не более чем в 20 см от нижней границы В_в у выщелоченных (средневыщелоченных) — на глубине от 20 до 50 см от границы гумусового слоя, и она лежит обычно в конце первого или в начале второго метра.

У сильновыщелоченных черноземов линия вскипания расположена ниже 50 см от границы горизонта В[!] и, как правило, за пределами первого метра профиля почвы.

Черноземы типичные (Ч^т) отличаются большой мощностью гумусового слоя (как правило >80 см) и содержанием карбонатов в гумусовых горизонтах в форме мицелия или известковых трубочек. Карбонаты появляются чаще всего с глубины 60—70 см.

Горизонт А темно-серый, иногда черный, с хорошо выраженной комковато-зернистой или зернистой структурой.

Поскольку типичные черноземы имеют сильнорастянутый гумусовый профиль, то для более детальной характеристики строения их гумусового слоя ниже горизонта А выделяют два переходных по окраске и структуре горизонта — АВ₁ и В₁. Горизонт АВ₁ — темно-серый со слабым буроватым оттенком книзу, а горизонт В₁ отличается отчетливым бурым оттенком. В нижней части горизонта АВ₁ или чаще всего в горизонте В₁ видны выцветы карбонатов в форме мицелия. Мощность гумусового слоя (А+АВ₁+В₁) колеблется от 100—190 см (теплая фация) до 40—70 см (холодная фация). Под горизонтом В₁ довольно глубоко заходят отдельные гумусовые пятна и затеки. Горизонт В₂(ВС) и порода (С) содержат карбонаты в форме мицелия белоглазки, известковых трубочек и журавчиков.

Типичные черноземы делят на роды с учетом глубины залегания карбонатов. В этой связи выделяют: черноземы типичные (обычные) — вскипание в пределах гумусового слоя (горизонт АВ₁ или В₁); черноземы типичные с пониженным вскипанием — вскипающие ниже границы гумусового слоя; черноземы типичные карбонатные — вскипающие с поверхности или в пределах первых 20 см. Выделяется также род типичных осолоделых черноземов. По мощности гумусового слоя среди типичных осолоделых преобладают мощные и сверхмощные виды.

Черноземы обыкновенные (Ч^о). Горизонт А темно-серый или черный с отчетливой зернистой или комковато-зернистой структурой, мощностью 30—40 см. Постепенно переходит в горизонт В₁ — темно-серый с ясным буроватым оттенком, с комковатой или комковато-призматической структурой. Мощность гумусового слоя (А+В₁) колеблется от 80—140 см (теплая фация) до 35—45 см (холодная восточносибирская фация).

Горизонт гумусовых затеков (В₂) часто совпадает с карбонатным горизонтом (В_к) или очень быстро переходит в него. Карбонаты представлены в форме белоглазки — морфологическая особенность обыкновенных черноземов, отличающая их от ранее рассмотренных подтипов. Горизонты В₂ и В_к обычно имеют призматическую структуру. Постепенно карбонатный горизонт переходит в породу (С) (рис. 11).

Карбонатные обыкновенные черноземы в отличие от черноземов обычных, вскипание у которых происходит в нижней части горизонта В₁ или на стыке горизонтов В₁ и В₂, характеризуются карбонатностью всего профиля, то есть вскипают с поверхности. Структура у них выражена хуже.

Солонцеватые обыкновенные черноземы отличаются заметным уплотнением горизонта В₁ и некоторой распыленностью верхней части гумусового слоя. Горизонт В₁ имеет хорошо выраженную призматическую структуру. В зависимости от степени выраженности этих признаков род солонцеватых черноземом подразделяют на виды по степени солонцеватости: слабосолонцеватые, солонцеватые и сильносолонцеватые почвы.

Солонцевато-солончаковатые обыкновенные черноземы морфологически мало отличаются от солонцеватых черноземов. Накопление солей в их профиле обнаруживают в виде пыщнетов и других солевых новообразований. У них хорошо прослеживается скопление гипса в виде друз и мелких кристалликов.

Осолоделые обыкновенные черноземы характеризуются накоплением аморфной кремнекислоты в нижней части гумусового слоя и обособлением хорошо выраженного иллювиального горизонта В с призматической структурой. По граням структурных отдельностей наблюдаются яркая лакировка и гумусовые примазки.

Черноземы южные (Ч^ю). Горизонт А мощностью 25—40 см имеет темно-серую окраску, часто с небольшим коричневым оттенком, комковатую структуру. Горизонт В₁ характеризуется коричнево бурой окраской и комковато-призматической структурой. Иллювиальный карбонатный горизонт (В_к) обычно выделяется отчетливо

выраженной белоглазкой и в верхней части гумусовыми отеками и пятнами, что позволяет иногда выделить горизонт гумусовых паточков (В₂). Линия вскипания лежит в нижней части горизонта В, или на границе гумусового слоя. На глубине 1,6-2 м южные черноземы часто содержат гипс. Отличительные родовые признаки южных черноземов аналогичны признакам, присущим соответствующим родам обыкновенных черноземов, с той лишь разницей, что карбонатность, солонцеватость и солончаковатость в южных черноземах проявляются чаще и резче.

Лугово-черноземные почвы (Чл) распространены на пониженных элементах рельефа (лощины, шлейфы склонов и т. п.), где наблюдаются лучшие условия увлажнения и грунтовые воды залегают и выше 5 м.

Их профиль подразделяется на такие же горизонты, что и у черноземов, но имеет ряд специфических признаков: более интенсивная окраска (обычно черная) верхней части гумусового слоя при большей его мощности, чем у соответствующих подтипов черноземом, оглеенность нижних горизонтов. Тип лугово-черноземных почв разделяется на два подтипа: лугово-черноземные (грунтовые воды на глубине 2—5 м) и черноземно-луговые (грунтовые воды на глубине 1,5 -3 м и выше).

Деление на роды и виды аналогично черноземам. Лугово-черноземные почвы за исключением солонцеватых и солончаковатых, высокоплодородны и повышено увлажнены по сравнению с зональными черноземами.

10. АНАЛИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВ И ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ.

(форма проведения занятий – в малых группах)

Цель: изучить способ составления графика изменения основных показателей биологического круговорота веществ для различных типов растительного сообщества.

ЗАДАНИЕ: 1. Используя данные таблицы, построить совмещенный график изменения основных показателей биологического круговорота веществ для различных зональных типов растительного сообщества.

Примечание. При построении графика общее количество биомассы изобразить в виде столбиковой диаграммы; в пределах каждого столбика показать соотношение надземной (не закрашенная часть столбика) и подземной (закрашенная часть столбика) частей растений.

Основные показатели биологической продуктивности зональных типов растительности

	Типы растительности и соответствующие им почвы	Общее количество биомассы, т/га	Биомасса, надземная часть, %	Биомасса, подземная часть, %	Прирост, т/га	Опад, т/га	Запасы гумуса в слое 0-100 см, т/га
1	Арктические тундры — арктические почвы	5	30	70	1,0	1,0	73
2	Кустарничковые тундры - тундровые почвы	28	17	83	2,5	2,4	84
3	Ельники северной тайги - подзолистые почвы	100	78	22	4,5	3,5	99
4	Ельники южной тайги — дерново-подзолистые	330	78	22	8,5	3,5	99
5	Дубравы - серые лесные, бурые лесные почвы	400	76	24	9,0	6,5	215
6	Степи луговые— черноземы	25	32	68	13,7	13,7	500
7	Степи сухие - каштановые	10	15	85	4,2	4,2	160
8	Пустыни полукустарничковые - сероземы,	4,3	13	87	1,2	1,2	40
9	Субтропические лиственные леса - краеоземы, желтоземы	410	80	20	24,5	21,0	282
10	Пустыни тропические - бурые почвы	1,5	-	-	1,0	-	-
11	Саванны - красно-бурые и коричнево-красные почвы	66	94	6	12,0	11,5	253
12	Влажные экваториальные леса - красные ферралитные почвы	Более 500	82	18	32,5	25,0	-

Прирост показать линией зеленого цвета, запасы гумуса - линией черного цвета

Рекомендуемые масштабы: БИОМАССА: в 1 см - 20 т/га,

ПРИРОСТ: в 1 см - 2 т/га, ЗАПАСЫ ГУМУСА: в 1 см - 40 т/га.

ЗАДАНИЕ: 2. Проанализировать график, проследив взаимосвязи между отдельными показателями биологического круговорота веществ и письменно ответить на следующие вопросы:

- Каковы закономерности в распределении общего количества биомассы в разных природных зонах? Объясните причину.
- Каковы особенности соотношения надземной и подземной частей растений для разных типов растительности и какое значение это может иметь для почвоведения?
- В чем отличие распределения ежегодной продуктивности (прироста) и общего количества биомассы?
- Какие ландшафты характеризуются наибольшими значениями опада? Сравните в количественном и качественном отношении опад в лесных и травянистых сообществах.
- Какие из особенностей биологического круговорота веществ объясняют географические закономерности в распределении гумуса в различных зонах?
- Какие природные факторы, кроме указанных выше, определяют процессы образования и накопления гумуса в почве?