

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 05.03.06*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 631.4:631.47:631.48 (073)

ПОЧВОВЕДЕНИЕ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Т.Н. Николаева*. СПб, 2019. 30 с.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Почвоведение» предназначены для студентов бакалавриата направления 05.03.06 «Экология и природопользование» по профилю «Природопользование».

Научный редактор доц. *Д.Л. Устюгов*

Рецензент канд. геол.-минерал. наук *Н.Г. Корвет* (Санкт-Петербургский государственный университет)

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Почвоведение» предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 05.03.06 «Экология и природопользование» по профилю «Природопользование».

Основатель генетического почвоведения в России В.В. Докучаев разработал закономерности географического распространения почвенного покрова. Важнейшей задачей географии почв является их диагностика и картография, характеристика структур почвенного покрова. Основой для этого являются почвенно-экологические сведения о различных по генезису почвах России. На практических занятиях по предмету «Почвоведение» студенты, диагностируя почвы, получают навыки и умение распознавать почвы по их морфологическим, химическим и физико-химическим свойствам, закрепляют и расширяют знания о структуре почвенного покрова, связанной с изменением и дифференциацией факторов почвообразования. Поэтому основными задачами, которые ставятся перед студентами при выполнении задания, являются: 1) систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний в области генетического почвоведения и географической распространенности почв на территории России; 2) отнесение почвы к конкретной почвенно-биоклиматической области на основании анализа природных факторов почвообразования и результатов лабораторных определений свойств генетических горизонтов; 3) овладение принципами классификации и систематизации почв для их народно-хозяйственного использования.

Выполнению практического задания, состоящего из отдельных частей и объединенного единой темой, предшествует лекционная теоретическая подготовка. При его выполнении студенты должны научиться: 1) работать с опубликованной литературой и интернет-ресурсами по заданной тематике, правильно их анализировать, реферировать и обобщать; 2) выявлять влияние факторов почвообразования на режимы и ход почвообразовательных процессов; 3) оценивать сложность строения почвенного профиля по его морфологическому описанию; 4) давать комплексную оценку почвы по результатам морфологических наблюдений, описания химических,

физико-химических свойств и почвообразовательных процессов, протекающих на изучаемой территории.

Студенты получают свои варианты задания, которое выполняется на протяжении нескольких занятий и оформляется по определенным требованиям.

НАЗВАНИЕ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

Название практического задания единое для всех - «Природные условия формирования, особенности морфологического строения и свойств почвы (участок №..., почвенный разрез №...)». Номер участка и почвенного разреза вписываются студентом в название из варианта задания.

Задание заключается в следующем. На примере описания природных условий участка и свойств почв, отраженных в таблицах, описать состав и свойства почвы и дать ее полное название по совокупности описанных признаков в соответствии с существующей классификацией, указав, является ли она зональным, интразональным или азональным типом, и к какой почвенно-биоклиматической области относится.

Варианты заданий, выдаваемых преподавателем, имеют некоторые различия. *Первый вид* заданий содержит следующие сведения:

1. Описание природных условий участка (рельеф, климат, материнская порода, растительность).
2. Описание почвенных разрезов на территориях природных участков, включающее характеристику рельефа и растительности.
3. Таблицы гранулометрического состава, общих химических анализов разреза (количество гумуса, величина рН, состав поглощенных катионов), результаты валового анализа почвы.

Во *втором виде* заданий приведены:

1. Описание природных условий участка (рельеф, климат, материнская порода, растительность).
2. Описание почвенных разрезов на территориях природных участков, включающее характеристику рельефа и растительности, привязку разреза.

3. Таблицы гранулометрического состава, общих химических анализов разреза (количество гумуса, величина рН, состав поглощенных катионов), содержание водорастворимых солей разреза.

Примеры описания природных условий участков:

- для первого вида заданий

Морская равнина высотой 100-150 м, сложенная мореной. Рельеф полого-холмистый. Местами холмы образуют невысокие гряды, разделенные речными долинами.

Наиболее высокие холмы сложены валунной мореной, а холмы с более пологими склонами - суглинистыми морскими отложениями. Понижения между холмами часто заболочены.

Тип климата субарктический. Среднегодовая температура отрицательная. Почти повсеместно распространена многолетняя мерзлота. Температура самого теплого месяца меньше +10°C, самого холодного колеблется от -15 до -35°C. Годовое количество осадков меньше 300 мм, но при недостатке тепла испарение невелико, поэтому увлажнение избыточное (КУ около 1,5). Тип водного режима зависит от степени дренированности. В условиях достаточного дренажа тип водного режима промывной, в условиях затрудненного дренажа - водозастойный.

На междуречьях встречаются отдельно стоящие деревья, часто в форме полустланика, удаленные на сотни метров друг от друга. Формации с такими одиноко стоящими среди тундры деревьями получили название редин. Кроме того, междуречья заняты трехъярусными кустарниковыми формациями, состоящими из карликовой полярной березки (ерник), кустарниковых ив (*Salix glauca*, *S. pulchra*), вересковых и брусничных (*Ledum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitisidaea*, *Phyllodoce*, *Cassiope*), водяники. В травяном покрове распространены осоки (*Carex rigida*), злаки (*Arctagrostis*, *Poa arctica*, *Hierochloa alpina*, *Alopecurus alpinus*, *Phleum alpinum*, *Festuca supina*), лютики, незабудки, мытники; наземный покров представлен тремя видами кустистых кладоний (*Cladonia rangiferina*, *C. sylvatica*, *C. uncialis*). К ним примешаны трубчатые кладонии, различные виды *Cetraria*, а также пепельник (*Stereocaulon*). В травяном и кустарниковом ярусах встречаются багульник, водяника, толокнянка, брусника, голубика, осоки (*Carex*

rigida, *C. globularis*), злаки - полевица, мятлик, зубровка (*Agrostis*, *Poa*, *Hierochloa*), ожика (*Luzula*).

Разрез №... В 15 км северо-восточнее постоянного лагеря. Выровненная поверхность. Микрорельеф замечен по изменению растительного покрова и представлен в виде отдельных пятен диаметром от 1-2 до 10-15 м. Разрез заложен в периферийной части обширного понижения.

- для второго вида заданий

Территория расположена на повышенной озерной террасе с мелкими блюдцеобразными понижениями на востоке от озера Эльтон. Грунтовые воды здесь залегают глубоко и не участвуют в почвообразовании. Современные экзогенные геологические процессы и явления представлены линейной эрозией по берегам озера Эльтон и долин рек Ланцуг и Хара. В скальных и полускальных породах наблюдается физическое выветривание. Имеет место и плоскостная эрозия и дефляция почв.

Климат характеризуется резкой континентальностью с отчетливо выраженными сезонами и часто повторяющимися засухами. Среднегодовая температура составляет 7,2°C; средняя температура января 10,2°C, июля 24,2°C. Сумма температур выше 10°C достигает 3319°C. Безморозный период длится 166 дней. Для территории свойственно в среднем 292 мм осадков в год, высокая испаряемость и низкая относительная влажность. Тип водного режима непромывной.

На территории представлена ромашниково-белопопынно-дерновиннозлаковая растительность. Доминируют ковыли: *Stipa lessingiana*, *S. zaleskii*, *S. tirsia*, *S. pennata*, в том числе казахстанский (*S. sapertana*), монгольско-казахстанский вид житняка в небольшом количестве - *Koeleria cristata*; из корневищных злаков обычен *Leymus ramosus*; из ксерофильных полукустарничков наибольшую роль играют эвксерофильная полынь (*Artemisia lercheana*) и галоксерофильная (*A. pauciflora*), а также в меньшем количестве *A. austriaca*, а также *Kochia prostrata*, иногда *Salsola laricina* и др.

Разрез №... *Растительность*. Целина, выгон. Мятликово-белопопынная группировка с участием мелких кустарничков, солянок. Проективное покрытие 30%.

Краткая геоморфологическая характеристика прилегающей к разрезу территории. Приозерное межложбинное плоское повышение с уклоном $0,5^\circ$ западной экспозиции. Поверхность ровная.

Привязка разреза. В 1,5 км от п. Эльтон на запад и в 185 м от пункта триангуляции на восток-юго-восток.

В заданиях также содержатся результаты лабораторного определения свойств почвы на участках: для первого вида заданий таблицы 1-3, для второго – таблицы 4-6.

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

При описании **факторов почвообразования** используются сведения из задания о природных условиях формирования почвы на конкретном участке – рельефе, климате, растительности, почвообразующей породе, которые необходимо проанализировать с учетом морфологии профиля, его строения и особенностей генетических горизонтов. Характеристика, анализ и частные выводы по каждому фактору позволят сделать предположение о принадлежности оцениваемого почвенного разреза к соответствующей почвенно-биоклиматической области и о наименовании генетического типа.

Местоположение и морфологию разреза необходимо дополнять зарисовкой почвенного профиля согласно его описанию, на которой должны быть показаны: цвет и структура почвенных горизонтов (см. табл. 7), типы переходов из одного горизонта в другой, наличие новообразований и включений. На рисунок наносится масштабная линейка и буквенные обозначения с индексами горизонтов. В тексте следует дать название и подробное описание каждого генетического горизонта в соответствии с приведенными индексами. Для этого можно руководствоваться специальной литературой и приведенными ниже сведениями.

- A_{1s} - визуально различимые выделения легкорастворимых солей,
- B_b, C_t - текстурные горизонты более тяжелого гранулометрического состава, чем вышележащие, с признаками привноса тонкодисперсного материала,
- B_{ca}, C_{ca} - присутствие карбонатов кальция и магния в разных формах,
- B_{cs}, C_{cs} - визуально различимые выделения гипса,
- B_{en} - солонцовые и солонцеватые плотные горизонты со столбчатой структурой,
- B_f - иллювиально-железистые ярко-желтых, красных и буро-желтых

	тонов,
V_h	- иллювиально-гумусовые темно-коричневых и буро-красно-коричневых оттенков,
V_m, C_m	- метаморфические горизонты,
C_{cap}	- щебень карбонатных пород среди карбонатного мелкозема,
V_n	- горизонты, содержащие твердые конкреции, выделяемые из почвенной массы.

Характеристика **состава и свойств почвы** дается по результатам лабораторных определений ее гранулометрического состава, химических и физико-химических свойств. Для анализа отдельных свойств почвы необходимо приводить из задания таблицы с результатами их определения.

Порядок описания может быть разным, однако, следуя традициям отечественного почвоведения, предлагается следующий общий для всех вариантов порядок оценки и описания свойств почв и их графического изображения. Для анализа каждого отдельного свойства ниже приводится необходимый теоретический материал и задание, которые в итоге позволят сделать частный вывод, обоснованно зависящий от природных условий, других свойств и характеристик. Более подробно изучить отдельные характеристики почвенной толщи можно, работая самостоятельно со специальной литературой.

Гумус

Гумус определяют по содержанию в нем углерода. Для этого почву сжигают или окисляют какой-либо сильной кислотой. Углерод при этом сгорает и по разнице между исходной и прокаленной массой почвы узнают количество углерода.

При определении содержания гумуса в почве можно руководствоваться следующими цифрами: очень высокое - больше 10%; высокое - 6-10%; среднее - 4-6%; низкое - 2-4%; очень низкое - меньше 2%.

- Постройте график распределения содержания гумуса по профилю почв и опишите его.
- По количеству гумуса в верхнем горизонте определите, к какому виду по степени гумусированности относится описываемая почва.

Таблица 1

Горизонт	Мощность, см	Содержание фракций, %, при размере частиц, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
A ₂	10-17	46,5	36,9	5,4	5,8	3,2	2,2	
A ₂ B	17-32	29,6	31,3	8,5	3,5	12,7	14,4	
B _t	32-92	19,5	11,9	9,5	12,0	17,3	29,8	
C	92-105	20,7	30,5	11,2	12,3	13,0	12,3	

Гранулометрический состав разреза № ...

Таблица 2

Горизонт	Мощность, см	Результаты валового анализа разреза № ... (% на безводную безгумусную бескарбонатную навеску)									
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	
A ₂	10-17	93,39	1,63	1,68	0,06	0,81	0,64	0,88	0,62	0,29	
A ₂ B	17-32	82,18	9,94	4,59	0,05	0,64	0,67	0,43	0,94	0,56	
B _t	32-92	85,48	7,60	4,23	0,06	0,63	0,09	0,39	0,95	0,57	
C	92-105	89,11	5,19	4,22	0,04	0,03	0,44	0,54	0,31	0,12	

Результаты валового анализа разреза № ...
(% на безводную безгумусную бескарбонатную навеску)

Таблица 3

Общие химические анализы разреза № ...

Горизонт	Мощность, см	pH водн.	Гумус, %	CO ₂ , %	Поглощенные катионы, ммоль(+)/100 г				
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Сумма
A ₂	10-17	4,2	1,1	Нет	1,3	0,6	1,2	2,4	5,5
A ₂ B	17-32	4,6	0,6	То же	1,8	0,2	1,3	2,2	5,5
B _t	32-92	4,6	0,5	»	1,8	0,9	1,2	2,0	5,9
C	92-105	4,5	0,4	»	1,5	0,1	1,1	1,9	4,6

- для второго вида заданий

Таблица 4

Гранулометрический состав разреза № ...

Горизонт	Мощность, см	Содержание фракций, %, при размере частиц, мм					
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
A	0-15	4,06	29,62	24,64	14,32	6,16	21,20
B ₁	15-30	3,55	36,25	16,92	12,20	9,20	21,88
B ₂	30-50	2,07	19,25	33,60	3,76	16,48	24,84

Таблица 5

Общие химические анализы разреза № ...

Горизонт	Мощность, см	рН водн.	Гумус, %	СО ₂ , %	Поглощенные катионы, ммоль(+)/100 г				
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма
A	0-15	6,75	1,79	0,72	11,02	11,57	0,21	1,08	23,88
B ₁	15-30	7,05	1,93	0,69	21,10	2,11	0,29	0,68	24,18
B ₂	30-50	7,22	1,37	0,79	16,94	8,72	0,27	0,65	26,58

Таблица 6

Содержание водно-растворимых солей разреза № ...

Горизонт	Глубина, см	Содержание ионов, %/мг-экв							сумма
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
A	0-15	0,027	0,018	0,0004	0,009	0,001	0,008	0,002	0,0654
		0,44	0,50	0,01	0,44	0,12	0,34	0,05	
B ₂	30-50	0,032	0,007	0,003	0,007	0,003	0,004	0,001	0,057
		0,52	0,20	0,07	0,36	0,24	0,18	0,01	

Таблица 7

Морфологическая классификация структур почв
(по С.А. Захарову)

Наименование структуры		Характеристика	Поперечный размер отдельностей
I. Кубовидный тип структуры			
1	глыбистая	грани и ребра плохо выражены	> 5 см
2	комковатая		0,05-5,0 см
3	ореховатая	грани и ребра хорошо выражены	0,7-2,0 см
4	зернистая		0,05-0,7 см
5	пылеватая		0,05 мм
II. Призмовидный тип структуры			
6	столбчатая	гладкие боковые грани, округлая верхняя поверхность	3-5 см и более
7	призматическая	гладкие, часто глянцеватые грани и острые ребра	1-5 см
III. Плитовидный тип структуры			
8	плитчатая	отдельности представлены тонкими плиточками различной плотности и окраски	3-5 см
9	пластинчатая	тонкие, не выдержанные по простиранию пластиночки, более тонкие к краям	1-3 см
10	листоватая		тоньше 1 мм

Карбонаты (CO₂)

Содержание в почве углекислых солей кальция и магния (карбонатов) узнают путем определения в ней CO₂. Общеизвестно, что соли обладают разной степенью растворимости. Наиболее труднорастворимы углекислые соли, или карбонаты, среднерастворимы сернокислые соли, легкорастворимы хлоридные соединения. Исходя из этого, можно сделать вывод, что если в почве нет карбонатов, то,

несомненно, отсутствуют сульфаты и хлориды как наиболее подвижные. Легкорастворимые соли выносятся за пределы почвенного профиля, среднерастворимая соль - гипс появляется на значительной глубине (150-200 см), и несколько выше по профилю залегают малорастворимые соли - карбонаты.

Глубина залегания карбонатов, содержащихся в почве, является основным диагностическим показателем для определения ее подтипа, рода и вида.

- Постройте график распределения содержания CO_2 по профилю и опишите его.
- Определите верхнюю границу залегания карбонатного горизонта.
- Определите степень выщелоченности почвы (по соотношению между нижней границей гумусового горизонта и верхней границей залегания карбонатов).

Реакция почвенного раствора (рН)

Попадая в почву, атмосферная влага начинает растворять минеральные и органические вещества, взаимодействовать с почвенными коллоидами, с живыми организмами почвы, почвенным воздухом и превращаться в раствор.

Почвенные растворы представляют собой подвижную систему; состав их изменяется по мере того, как они перемещаются из одного горизонта в другой. Концентрация и состав растворенных веществ обуславливают ту или иную реакцию почвенного раствора, которая определяется соотношением свободных ионов H^+ и OH^- в почвенном растворе.

Основным признаком кислотности почвы считается наличие в ее растворе избытка водородных ионов, обуславливающих кислую реакцию. Концентрацию водородных ионов в растворе обычно измеряют величиной рН, которая представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов.

Для правильной оценки степени кислотности почв следует учесть общее количество водородных ионов, находящихся в почве в поглощенном состоянии. Различают следующие формы почвенной кислотности: 1) кислотность актуальная; 2) кислотность потенциальная: а) обменная, б) гидролитическая.

Актуальной кислотностью называется кислотность почвенного раствора (на практике измеряется рН водной вытяжки при соотношении почва:вода = 1:2,5 для минеральных почв и 1:25 для торфяных). Выделяют также *потенциальную* кислотность, характерную для твердой фазы почвы. Она имеет сложную природу. Ее носители - обменные катионы H^+ и Al^{3+} почвенных коллоидов. В зависимости от характера вытеснения различают две формы потенциальной кислотности - обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли, например, KCl , $NaCl$, $BaCl_2$. В богатых перегноем горизонтах она обусловлена преимущественно H -ионами, в малогумусных минеральных - Al -ионами. В результате реакции обмена часть катионов нейтральной соли поглощается твердой фазой почвы, а взамен ее в растворе появляется эквивалентное количество ионов водорода и алюминия, находившихся в адсорбированном состоянии.

При обработке почвы раствором нейтральной соли вытесняются не все поглощенные ионы водорода. Более полное вытеснение ионов водорода возможно при обработке почвы раствором щелочной соли сильного основания и слабой кислоты. Обычно для этого применяют ацетат натрия - CH_3COONa , ацетат кальция - $(CH_3COO)_2Ca$ и другие. При этом кислотность называется *гидролитической* и она выше обменной.

В многолетней практике лабораторных исследований почв приняты следующие значения рН для определения степени кислотности или щелочности почвы: 3,0-4,5 - сильнокислые; 4,6-5,0 - кислые; 5,1-5,5 - слабокислые; 5,6-6,0 - близкие к нейтральным; 6,1-7,0 - нейтральные; 7,1-7,5 - слабощелочные; 7,6-8,5 - щелочные; 8,6 и выше - сильнощелочные. Для сельскохозяйственных растений наиболее благоприятна слабокислая или слабощелочная реакция почвенного раствора; отрицательно сказываются на развитии растений сильнокислая и особенно сильнощелочная реакция.

С реакцией почвенного раствора связаны процессы превращения компонентов минеральной и органической частей почв: растворение веществ, образование осадков, возникновение и устойчи-

вость комплексных соединений, а, следовательно, миграция и аккумуляция веществ в почвенном профиле.

Оценку кислотности/щелочности почв также можно дать по типичной для участка растительности, так называемым растениям-индикаторам. По реакции почвенной среды выделяют следующие группы растений: ацидофилы - растения кислых почв, нейтрофилы - обитатели нейтральных почв, базофилы - растут на щелочных почвах.

- По данным рН установите реакцию почвенного раствора в горизонтах.
- Постройте график распределения рН по профилю, опишите его.

Почвенный поглощающий комплекс (ППК)

Поглотительная способность - одно из главнейших свойств почвы обменно или необменно поглощать различные твердые, жидкие и газообразные вещества или увеличивать их концентрацию у поверхности содержащихся в почве коллоидных частиц. Почва способна поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов раствора, взаимодействующего с твердой фазой почвы (физико-химическая, или обменная поглотительная способность). Это свойство обуславливает ППК, связанный с почвенными коллоидами.

Поглотительной способностью обладают как коллоидные частицы, которые называются мицеллами (0,2-0,001 мкм), так и предколлоидная фракция (0,2-1,0 мкм). Коллоиды - двухфазные системы, состоящие из дисперсной фазы и дисперсионной среды. В почвах роль дисперсной фазы играют твердые частицы (гумусовые вещества, гидраты оксидов железа, алюминия и т.п.), а роль дисперсионной среды - почвенный раствор.

Основная масса коллоидов почвы заряжена отрицательно и содержит в диффузном слое катионы, способные к обменным реакциям. Мицеллы многих коллоидов имеют кристаллическое строение, часть коллоидов аморфны.

Общее количество всех поглощенных (обменных) катионов, которые могут быть вытеснены из почвы, называется *емкостью катионного обмена*, или *емкостью поглощения*.

Поглотительная способность почвы в значительной степени определяет плодородие почвы и характер процессов почвообразования. Она обеспечивает и регулирует питательный режим почвы, способствует накоплению многих элементов минерального питания растений, регулирует реакцию почвы, ее водно-физические свойства. Если в ППК в составе обменных катионов содержится значительное количество водорода и алюминия, то коллоиды легко разрушаются в результате кислотного гидролиза; при этом почвы плохо оструктурены.

По мнению К.К. Гедройца, все коллоиды по энергии их поглощения (трудности вытеснения) и коагуляционной способности можно расположить в следующий ряд: $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$.

Энергия поглощения ионов и их коагулирующая способность увеличиваются с повышением валентности, а в пределах группы ионов с одинаковой валентностью - с увеличением атомной массы. Так, атомная масса Li^+ - 7, Na^+ - 23, K^+ - 39, Mg^{2+} - 24, Ca^{2+} - 40, Ba^{2+} - 137, Al^{3+} - 27, Fe^{3+} - 56. Исключение из общего правила представляет одновалентный ион водорода, который характеризуется очень малой степенью гидратации, что и обуславливает его энергичное поглощение и хорошие коагулирующие свойства.

Большинство почвенных коллоидов несет отрицательный знак и поэтому способно поглощать и обменивать катионы. Все почвы, по К.К. Гедройцу, подразделяются на две группы: почвы насыщенные и не насыщенные основаниями. В составе обменных катионов насыщенных почв присутствуют Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ . Ненасыщенные основаниями почвы содержат наряду с Ca^{2+} и Mg^{2+} также катионы H^+ и Al^{3+} .

У почв, насыщенных Ca^{2+} и Mg^{2+} , реакция близка к нейтральной, коллоиды находятся в состоянии необратимых гелей и не подвергаются пептизации при избытке влаги, почвы хорошо оструктурены и обладают хорошими физическими свойствами.

Почвы, содержащие в составе обменных катионов наряду с Ca^{2+} и Mg^{2+} значительное количество Na^+ , характеризуются щелочной реакцией и солонцеватостью, отрицательно влияющей на состояние коллоидов и рост растений. Коллоиды в этих почвах легко

пептизируются, так как находятся в состоянии обратимых гелей, почвы плохо оструктурируются и имеют неблагоприятные для жизни растений водно-физические свойства (повышенная плотность сложения и плохая водопроницаемость).

Почвы, не насыщенные основаниями, имеют кислую реакцию, токсичную для многих культурных растений, в них легко разрушаются коллоиды, а в результате кислотного гидролиза они плохо оструктурируются.

Емкость катионного обмена (ЕКО) почвы выражается в Международной системе СИ в ммоль(+)/100 г или в общепринятых в России мг-экв/100 г почвы. В почвах, богатых органическими коллоидами, ЕКО достигает 60-65 ммоль(+)/100 г, но чаще составляет 25-35, уменьшаясь в некоторых почвах до 2-3. Количество поглощенных катионов зависит от общего содержания коллоидов, от отношения между органическими и минеральными коллоидами и от реакции среды. Поглощительная способность органических коллоидов значительно больше, чем минеральных. В профиле почвы ЕКО обычно уменьшается параллельно снижению количества гумуса, возрастает при щелочной и снижается при кислой реакции среды.

По сумме всех обменных катионов почвы принято разделять на три группы. У почв с *малой* ЕКО не превышает 20 ммоль(+)/100 г почвы; со *средней* ЕКО от 20 до 40 и с *высокой* ЕКО ППК свыше 40 ммоль(+)/100 г.

Внедрение в ППК обменных катионов натрия знаменует собой возникновения *солонцовых процессов*, развитие в почве стадии солонца. В зависимости от тех или иных природных условий содержание поглощенного натрия в солонцах может выражаться различным количеством. При этом для развития солонцовых свойств совершенно не обязательно полное замещение натрием всех остальных обменных катионов.

По исследованиям И.Н. Антипова-Каратаева, для возникновения солонцовых процессов в почвах под влиянием смеси нейтральных солей необходима значительная величина соотношения в растворе натрия к солям щелочноземельных элементов. Поэтому внедрение Na^+ в поглощающий комплекс из нейтральных солей возможно только при большом преобладании в растворе натрия над

щелочноземельными катионами (до 80% Na^+ против 20% $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$). Как установлено исследованиями К.К. Гедройца, И.Н. Антипова-Каратаева и др., солонцеватость почв проявляется уже в случаях содержания поглощенного натрия 5-10% от суммы обменных оснований. Типичный же солонец содержит обменного натрия 15-20% от суммы поглощенных оснований.

По степени солонцеватости почвы можно условно разделить на следующие группы в зависимости от содержания обменного натрия (по И.Н. Антипову-Каратаеву):

Содержание Na^+ от суммы поглощенных оснований	Название группы почв по степени солонцеватости
меньше 5%	несолонцеватые
5-10%	слабосолонцеватые
10-20%	солонцеватые
больше 20%	солонцы

- Определите емкость поглощения каждого горизонта почвы и характер ее изменения с глубиной.
- Оцените степень насыщенности основаниями по К.К. Гедройцу.
- Постройте график распределения вниз по профилю содержания поглощенных катионов и опишите его.
- Оцените степень солонцеватости почвы по содержанию обменного Na^+ в ППК.

Гранулометрический состав

Гранулометрический состав почв в значительной степени унаследован от соответствующих материнских пород и в своих основных чертах остается стабильным в процессе почвообразования. Почвообразование на скальных породах и сопровождающее его выветривание приводит к физическому дроблению породы на механические элементы разной крупности. Гранулометрический состав продуктов выветривания (элювия) плотных пород тесно связан с их минералогическим составом: кислые, богатые кварцем породы дают при выветривании много крупнодисперсного песчаного материала; элювий основных, богатых легко выветривающимися минералами, обогащен глинистыми тонкодисперсными частицами. Элювий известняков и мергелей обычно имеет глинистый состав. Частицы разной крупности имеют обычно различный минералогический, и, сле-

довательно, химический состав. Крупные частицы большей частью представлены кварцем, пылеватые – кварцем и полевыми шпатами, тонкодисперсные – вторичными глинистыми минералами.

Степень дифференциации почвенного профиля служит важным морфологическим и диагностическим признаком почвы и в то же время имеет важнейшее значение для установления ее генезиса. Она зависит в значительной мере от многих факторов и представляет собой сложное явление. Дифференциация профиля определяется типом почвообразования, но в пределах одного типа существенно зависит от возраста почвообразования и характера почвообразующей породы. Естественно, молодая почва будет менее дифференцированной, чем зрелая, ибо дифференциация профиля - это результат почвообразования, протекающего во времени. С другой стороны, вторичная гомогенность профиля может быть отмечена для очень древних почв, составляющих единое целое с древней элювиальной корой выветривания. Что касается влияния почвообразующей породы на степень дифференциации профиля, то оно проявляется в разных планах. С одной стороны, более проницаемые для движения растворов породы будут давать и более дифференцированный профиль почвы. С другой стороны, чем меньше резерв легко выветриваемых минералов в исходной породе, тем менее она будет дифференцирована на горизонты (слабодифференцированные почвы на кварцевых песках, например). Таким образом, максимальная для данного типа почвообразования дифференциация будет наблюдаться на средних по гранулометрическому составу и богатых выветриваемыми минералами породах.

По изменению содержания основных компонентов минеральной части почв - окиси кремния (SiO_2) и полуторных окислов (R_2O_3) в профилях почв, сформированных на однородных, неслоистых породах, можно судить о наличии или отсутствии дифференциации почвенного профиля. Это прослеживается как по изменению абсолютного содержания окислов в разных горизонтах почвы (процентное содержание SiO_2 и R_2O_3), так и по изменению молекулярных отношений $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$.

Качественно степень дифференциации профиля может быть установлена при полевом описании почвы, исходя из строения поч-

венного профиля и морфологических признаков горизонтов (окраска, гранулометрический состав, плотность). Но при этом вынужденно ограничиваются такими описательными терминами, как «слабо-, средне-, сильнодифференцированный» профиль.

Для приближенной характеристики степени дифференциации профиля (по А.А. Роде) может быть принято при некоторых ограничивающих условиях: 1) постоянство крупных фракций гранулометрического состава по профилю; 2) постоянство минералогического состава крупных фракций по профилю; 3) отсутствие существенного механического приноса или выноса вещества.

Если говорить о степени дифференциации почвенного профиля в целом, имея в виду приближенное сопоставление всех известных почв между собой, то необходимо принять во внимание, во-первых, расчленение профиля на генетические горизонты, а во-вторых, степень аккумуляции ила (глинистых минералов) в тех или иных горизонтах профиля. Содержание глины служит наиболее общим показателем степени дифференциации почв, так как: 1) глинистые частицы есть во всех почвах; 2) профиль может быть дифференцированным по глине и без ее вертикального перемещения; 3) если профиль дифференцирован, то он дифференцирован и по илу; 4) аккумуляция химических компонентов сопровождается всегда аккумуляцией глины, как и вынос соответственно; 5) дифференциация профиля по фракции ила всегда сопровождается общей дифференциацией на генетические горизонты, в то время как дифференциация по другим компонентам может и не сопровождаться общей дифференциацией (например, очень сильно дифференцированный солевой профиль по составу и количеству солей может быть встречен в молодом аллювиальном солончаке, крайне слабо дифференцированном на генетические горизонты).

Гранулометрический состав каждого горизонта следует устанавливать в соответствии с известными классификациями Н.А. Качинского (табл. 8 и 9). Название отдельного горизонта и почвы в целом по механическому (гранулометрическому) составу определяется по процентному содержанию в почве физического песка или физической глины для той или иной почвенно-биоклиматической зоны (см. табл. 9). Это будет основное название

почвы по грансоставу. Дополнительное дается по двум преобладающим во всем гранулометрическом анализе фракциям (см. табл. 8), причем первой указывается большая из двух выделенных.

Таблица 8

Классификация гранулометрических фракций
(по И.Р. Вильямсу-Н.А. Качинскому)

Диаметр частиц, мм	Название гранулометрических фракций	Группа
>3	Каменистая часть почвы	Физический песок
3 – 1	Крупный песок	
1 – 0,25	Средний песок	
0,25 – 0,05	Мелкий песок	
0,05 – 0,01	Крупная пыль	
0,01 – 0,005	Средняя пыль	Физическая глина
0,005 – 0,001	Мелкая пыль	
<0,001	Ил	

- Постройте график распределения гранулометрических фракций по разрезу. Пример оформления графика изображен на рис. 1.

- Определите гранулометрический состав почвы по горизонтам. Особое внимание обратите на распределение илистой фракции в профиле и степень дифференциации по гранулометрическому составу.

Валовой состав почвы (описание выполняется для первого вида заданий)

Поскольку почва наследует химический состав коры выветривания и ее основная масса, за исключением гумуса и органических остатков, представлена минеральными частицами, *валовой химический состав почвы* в основном определяется составом и количественным соотношением формирующих ее минералов. С помощью валового анализа обычно определяют химический состав твердой фазы почв: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , CaO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 . По результатам валового анализа судят об относительном перераспределении элементов по профилю почв.

Таблица 9

Классификация почв по механическому составу (по Н.А. Качинскому)

Название по механическому составу	Содержание физической глины (<0,01 мм), %				Содержание физического песка (>0,01 мм), %			
	почвы		Почвы		Почвы		Почвы	
	Подзолистого типа	Степного типа + красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно-солонцеватые	Подзолистого типа	Степного типа + красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно-солонцеватые	Солонцы и сильно-солонцеватые	
Песчаная								
Рыхло-песчаная	0-5	0-5	0-5	100-95	100-95		100-95	
Связно-песчаная	5-10	5-10	5-10	95-90	95-90		95-90	
Супесчаная	10-20	10-20	10-15	90-80	90-80		90-85	
Суглинистая								
Легкосуглинистая	20-30	20-30	15-20	80-70	80-70		85-80	
Среднесуглинистая	30-40	30-45	20-30	70-60	70-55		80-70	
Тяжелосуглинистая	40-50	45-60	30-40	60-50	55-40		70-60	
Глинистая								
Легкоглинистая	50-65	60-75	40-50	50-35	40-25		60-50	
Среднеглинистая	65-80	75-85	50-65	35-20	25-15		50-35	
Тяжелоглинистая	>80	>85	>65	<20	<15		<35	

По данным валового анализа можно вычислить запас каждого элемента питания в отдельных горизонтах или во всем профиле почвы, что дает возможность судить о миграции или аккумуляции элементов в пределах почвенной толщи и о потенциальном плодородии почвы.

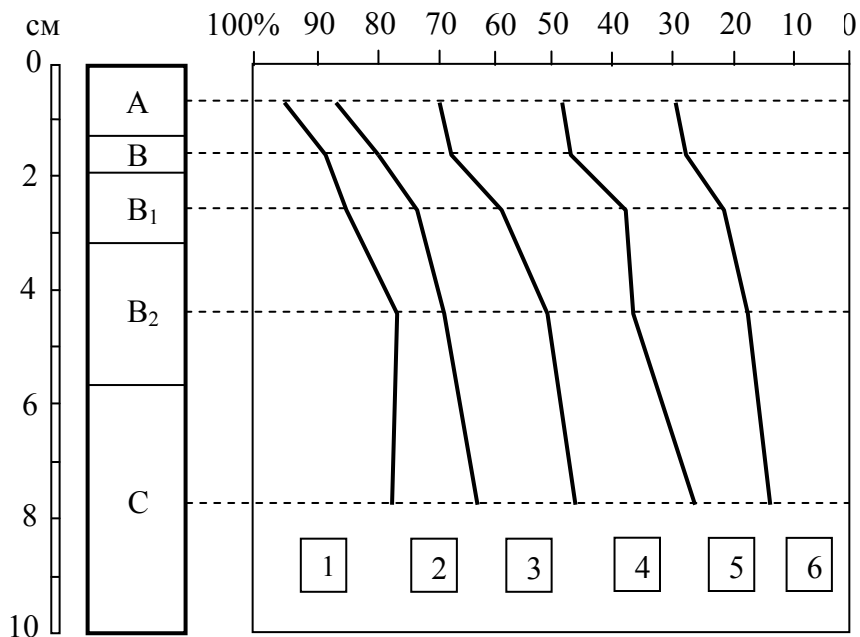


Рис. 1. Пример графического изображения результатов гранулометрического состава почвы. Цифры 1-6 соответствуют размерам фракций, мм: 1 - 1-0,25; 2 - 0,25-0,05; 3 - 0,05-0,01; 4 - 0,01-0,005; 5 - 0,005-0,001; 6 - <0,001

Молярные отношения содержания SiO_2 и R_2O_3 в почве, особенно в ее илистой фракции, дают представление о типе кор выветривания, на которых развита данная почва. Определенную информацию о почвообразующих породах дает и абсолютное содержание отдельных элементов. Так, высокое содержание SiO_2 (до 95%) свидетельствует о развитии почвы на песчаных породах с большим содержанием кварца, повышенное количество R_2O_3 (30-50%) – о формировании почв на ферралитовых породах, содержание карбонатов до 30-40% и более – на развитие почв на известковых отложениях.

Распределение SiO_2 и R_2O_3 в профиле почвы позволяет также судить о наличии или отсутствии процессов разрушения почвенных минералов. Дифференциация почвенного профиля по этим компонентам может быть также следствием внутрипочвенного выветривания или развития лессиважа. Чаще всего наблюдается два типа распределения валового содержания SiO_2 и R_2O_3 по профилю почв, развитых на однородных породах – равномерное (свойственное черноземам и каштановым почвам) и дифференцированное (свойственно почвам, образование которых связано с процессами оподзоливания, лессиважа и т.д.).

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

Кремний - определяется содержанием в почве кварца и в меньшей степени первичных и вторичных силикатов и алюмосиликатов. В ряде случаев присутствует и в больших количествах аморфный кремнезем в виде опала или халцедона, генезис и накопление которых в почве связаны с биогенными (опаловые фитолитарии, панцири диатомовых водорослей) или гидрогенными (окремнение) процессами. Валовое содержание SiO_2 колеблется от 40 до 70 % в глинистых почвах и до 90-98 % в песчаных.

Алюминий - обусловлен присутствием полевых шпатов, глинистых минералов и других богатых алюминием первичных минералов, например слюд, эпидотов, граната, корунда. В почве может содержаться и свободный глинозем в виде бёмита, гидраргиллита в аморфной или кристаллической форме. Валовое содержание Al_2O_3 в почвах обычно колеблется от 1-2 до 15-20%, а в ферраллитных почвах тропиков и бокситах может превышать 40 %.

Железо - присутствует в почвах в составе первичных и вторичных минералов как компонент магнетита, гематита, глауконита, роговых обманок, биотита, хлоритов, глинистых минералов, минералов группы оксидов железа. Много в почвах и аморфных соединений железа (гетит, гидрогетит и др.). Валовое содержание Fe_2O_3 колеблется в очень широких пределах - от 0,5-1 % в кварцево-

песчаных почвах и 3-5 % в почвах на лёссах до 8-10 % на элювии плотных ферромагнезиальных пород и 20-50% в ферраллитных почвах и латеритах тропиков. Наблюдаются и железистые конкреции и слои.

Соединения железа в почве представлены в следующих формах: 1) *силикатное железо*, входящее в состав кристаллических решеток первичных минералов и вторичных (глинистых) минералов; 2) *несиликатное (свободное) железо*: окристаллизованное (слабо или сильно) оксидов и гидрооксидов; аморфных соединений (железистых и гумусово-железистых); подвижных соединений (обменных и водно-растворимых).

Кальций - содержание СаО в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1-3 % и определяется присутствием глинистых минералов тонкодисперсных фракций, а также гумусом и органическими остатками, в связи с чем наблюдается тенденция к биогенному обогащению кальцием верхней части профиля. Кальций содержится также в обломках карбонатных пород.

В почвах сухостепной и аридной зон в процессе почвообразования идет накопление вторичного кальцита или гипса. Много кальция аккумулируется в почвах гидрогенным путем вплоть до образования известковых или гипсовых кор.

Магний - по содержанию близок к СаО, что обусловлено присутствием монтмориллонита, вермикулита, хлорита. В крупных фракциях магний сосредоточен в обломках доломитов, роговых обманок, пироксенах. В почвах аридной зоны много магния аккумулируется при засолении почв в виде хлоридов и сульфатов.

Калий - содержание К₂О в почвах составляет 2-3 %. Он присутствует в тонкодисперсных фракциях, особенно в гидрослюдах, а также в составе первичных минералов - биотита, мусковита, калиевых полевых шпатов. Калий - чрезвычайно необходимый для растений элемент.

Натрий - содержание Na₂O в почвах составляет около 1-3 %, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В аридных почвах натрия присутствует в основном в виде хлоридов. Дефицита натрия в почвах, как правило, не наблюдается, но его избыток обуславливает неблагоприятные физические свойства почв.

Титан, марганец и сера - присутствуют в почвах в ограниченном количестве.

Углерод, азот, фосфор - важнейшие органогены. Углерод сосредоточен главным образом в гумусе, а также в органических остатках и карбонатах. Азот также связан с гумусом и наряду с фосфором играет очень важную роль в плодородии почв. В почвах, как правило, наблюдается дефицит фосфора, его валовое количество незначительно и в основном его содержат гумус и органические остатки.

- Опишите и обоснуйте характер распределения отдельных элементов в почвенном профиле.

Водная вытяжка (описание выполняется для второго вида заданий)

Водно-растворимые соли определяют в водной вытяжке, которая характеризует качественный и количественный состав почвенного раствора. Сама водная вытяжка представляет собой как бы искусственно приготовленный почвенный раствор. Данные анализа водной вытяжки выражают в процентах или миллиграмм-эквивалентах (ммоль(+)/100 г) данного элемента. В засоленных почвах количество и состав солей варьируют в широких пределах.

Критерии для отнесения засоленных почв к той или иной группе по степени и типу засоления приведены в табл. 10 и 11.

- Установите степень засоления почвы, используя табл. 10, оценивая содержание Cl-иона. Если почва является в той или иной степени засоленной, определите тип ее засоления по анионному и катионному составу с помощью табл. 11.

Характеризуя **почвообразовательные процессы**, указываются и описываются только те из них, которые способствовали формированию изучаемой почвенной толщи. Это описание должно подтвердить предположения студента о правильности определения генетического типа и соответствующей ему почвенно-биоклиматической области.

Комплексная оценка свойств почвы производится на основе частных выводов по каждому свойству отдельно и представляет обобщение и анализ ранее сделанных заключений.

Таблица 10

Группы почв по степени и типам засоления
(содержание солей, % от массы абсолютно сухой почвы)

Группа почв	Тип засоления					
	хлоридный и сульфатно-хлоридный		сульфатный и хлоридно-сульфатный		Содовый или смешанный тип засоления	
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
Слабозасоленные	0,01-0,05	0,01	0,01-0,4	0,01	0,05-0,01	0,1-0,2
Среднезасоленные	0,05-0,1	0,05	0,4-0,6	0,01	0,2	0,2-0,3
Сильнозасоленные	0,1-0,2	0,1	0,6-0,8	0,02	0,2	0,3-0,4
Очень сильнозасоленные	>0,2	-	>0,8	0,02	0,2	>0,4

Таблица 11

Качественный состав засоления (по Ю.П. Лебедеву)

Вид засоления	По анионам, мг-экв		По катионам, мг-экв		
	Cl ⁻ SO ₄ ²⁻	$\frac{HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$	Вид засоления	$\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Хлоридный	>2	-	Нагриевый	>2	-
Сульфатно-хлоридный	2-1	-	Магниево-натриевый	2-1	>1
Хлоридно-сульфатный	1-0,2	-	Кальциево-натриевый	2-1	<1
Сульфатный	<0,2	-	Кальциево-магнийевый	<1	>1
Карбонатно-сульфатный	<0,2	>1	Магниево-кальциевый	<1	<1
Сульфатно-содовый		>2			

Для комплексной оценки свойств почвы и обоснования почвенного типа полезно строить совмещенные графики (см. рис. 2).

По описанию факторов почвообразования, морфологической характеристике профиля, типа его строения и лабораторным анализам, представленным в таблицах, надо установить зональность, почвенно-биоклиматическую область, в которой он располагается, обоснованно дать почве полное название с использованием систематики и таксономических подразделений, применяемых в почвоведении.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Работа выполняется в отдельной тетради, сдаваемой преподавателю на проверку. На изображении почвенного профиля, сопровождаемого масштабной линейкой, отображаются генетические горизонты указанной мощности, цвета и структурности, показываются почвенные новообразования и включения. Возле генетических горизонтов ставятся их обозначения с помощью соответствующих литер и индексов. Рисунки, выполняемые средствами компьютерной графики или от руки черной пастой, графики, таблицы последовательно нумеруются, подписываются и располагаются следом за первой ссылкой на них.

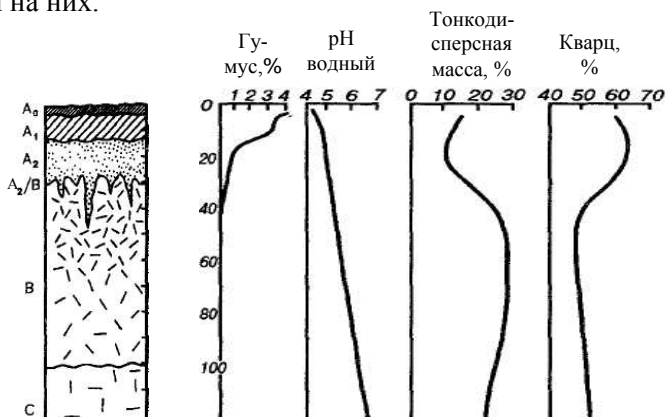


Рис. 2. Распределение гумуса, тонкодисперсных минеральных частиц, кварца и pH по профилю почвы

Графики распределения компонентов (гумуса, карбонатов, гранулометрических фракций и т.д.) в профиле выполняются в виде прямоугольных диаграмм или ломаных линий в координатах «глубина – содержание компонента» с указанием размерностей величин. Количественное содержание компонента показывается в средней части каждого генетического горизонта. Графики обязательно сопровождаются схематическим изображением почвенного профиля с выделенными в нем генетическими горизонтами.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ

1. *Добровольский В.В.* География почв с основами почвоведения: Учебник для вузов. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 383 с.
2. *Добровольский В.В.* Практикум по географии почв с основами почвоведения: Учеб. пособие для вузов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.- 143 с.
3. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экология почв. Учение об экологических функциях почв: М.: Изд-во Моск. ун-та. Наука, 2006. - 364 с.
4. *Захаров М.С., Корвет Н.Г., Николаева Т.Н., Учаев В.К.* Почвоведение и инженерная геология: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 256 с.
5. *Ковриго В.П., Кауричев И.С., Булакова Л.М.* Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос, 2000.
6. Почвоведение с основами геоботаники/Под ред. Л.П. Груздевой, А.А. Яскина. – М.: Колос, 1991.
7. Почвоведение. Почва и почвообразование/Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М.: Высшая школа, 1988.
8. Почвоведение/И.С. Кауричев, Л.Н. Александрова, Н.П. Панов и др.; Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1982.
9. *Розанов Б.Г.* Морфология почв: Учебник для высшей школы. – М.: Академический Проспект, 2004.- 430 с.
10. *Сапрыкин Ф.Я.* Геохимия почв и охрана природы. Л.: Недра, 1984. - 231 с.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Название и варианты задания.	4
Ход выполнения задания.	7
Местоположение и морфология разреза.	7
Гумус.	8
Карбонаты.	12
Реакция почвенного раствора.	13
Почвенный поглощающий комплекс.	15
Гранулометрический состав.	18
Валовой состав почвы.	21
Водная вытяжка.	26
Комплексная оценка свойств почвы.	28
Оформление результатов выполнения задания.	28
Рекомендуемые библиографические источники	29

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 05.03.06*

Сост. *Т.Н. Николаева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
гидрогеологии и инженерной геологии

Ответственный за выпуск *Т.Н. Николаева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 21.03.2019. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,7. Усл.кр.-отт. 1,7. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 100 экз. Заказ 233. С 87.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2