

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ»**

**Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование  
Разработчик: профессор, к.г.н. Никитин М.Ю.**

**Санкт-Петербург  
2018**



### **Геологические риски для Санкт-Петербурга**

В последнее годы рост темпов освоения городских территорий ставит проблему оценки геологических рисков на новый, приоритетный уровень в процессе городского планирования и принятия управленческих решений на всех его этапах. В рамках проекта «ГеоИнформ» впервые была создана карта геологических рисков и разработаны универсальные интегральные показатели уровня геологической опасности для Санкт-Петербурга.

Карты геологических рисков для Санкт-Петербурга были созданы в сотрудничестве с коллегами Геологической службы Финляндии, имеющими богатый опыт в оценке геологических рисков для различных территорий в различных странах мира. Основу методики составления карты геологических рисков стала матрица определения уровня геологических рисков в зависимости от сочетания вида землепользования и особенностей геологического строения территории.

С учетом существующего международного опыта, при создании комплексной матрицы геологических рисков для Санкт-Петербурга геологические характеристики были разделены на семь групп, каждая из которых характеризует тот или иной фактор геологического риска. К ним относятся: пригодность для наземного строительства, наличие палеодолин, неотектонические зоны, крутизна уклона поверхности, карстовые процессы, участки образования природного газа и уровень радоновой опасности.

Потенциал геологического риска оценивается для каждого типа землепользования и каждого из факторов геологического риска в отдельности. Уровень потенциального риска оценивается от 1 до 4:

1. Низкий уровень потенциального геологического риска для данного вида землепользования: нет необходимости в принятии мер по управлению рисками;
2. Средний уровень потенциального геологического риска для данного вида землепользования: рекомендуется принятие мер по управлению рисками;
3. Высокий уровень потенциального геологического риска для данного вида землепользования: необходимо принятие мер по управлению рисками;
4. Очень высокий уровень потенциального геологического риска для данного вида землепользования: принятие мер по управлению рисками является обязательным.

На основании заполненной матрицы для каждого фактора геологического риска были созданы карты, отображающие распределение потенциала данного геологического риска по территории города. Объединение данных по всем семи видам потенциальных рисков позволила построить комплексную карту геологических рисков по Санкт-Петербургу.

### **Образование болотного газа (биогаза)**

Болотный газ представляет собой смесь газов, образующихся при микробиологическом разложении растительных остатков в природных условиях без доступа воздуха. Он обладает свойствами горючести, содержит от 20 до 95 % метана, в подчиненном количестве присутствуют  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ .

Процессы газообразования на территории города происходят как в естественных природных условиях (болотные ландшафты), так и на участках техногенной переработки. В процессе подготовки площадей под застройку нередко происходит засыпка водотоков и свалок с последующим уплотнением поверхностного слоя грунтов бетонными плитами, строительным мусором, твердыми бытовыми отходами, асфальтовым покрытием и т.д., что значительно понижает изначальную проницаемость грунтов. При этом на отдельных фрагментах засыпанной территории (палеореки и озера, болота, каналы, свалки и т.д.) с первоначальным обилием органического вещества и повышенной влажностью грунтов сохраняются благоприятные условия для активного газообразования.

Если в природных условиях биогаз относительно свободно проникает сквозь вышележащие слои рыхлых отложений и почв в атмосферу, постоянно удаляясь из зоны газогенерации, то в условиях антропогенного преобразования интенсивно образующийся и накапливающийся в грунтах газ не имеет возможности свободного выхода в атмосферу сквозь плотное техногенное перекрытие. В определенный момент времени под давлением биогаз может прорвать вышележащую толщу в ближайшем ослабленном месте, реализуясь в виде газо-грязевого выброса, или же будет накапливаться в близлежащих подземных сооружениях, в том числе и подвалах. При этом особенно опасно накопление метана. Газовые замеры, выполненные на участках газо-грязевых выбросов, подтверждают взрывоопасные содержания метана и высокие концентрации диоксида углерода в приповерхностных грунтах.

Интенсивная биохимическая переработка органического вещества в газы может приводить также к изменению первоначальных свойств грунтов. Это проявляется в виде их разуплотнения и «текучести», изменения несущей нагрузки. При этом даже небольшое накопление малорастворимых газов (метан) в песчано-глинистых породах может вызвать увеличение их напряженно-деформированного состояния, способствовать разуплотнению и снижению прочности глинистых пород, что проявится уже при малых динамических и вибрационных воздействиях. Высокие же содержания диоксида углерода способствуют повышению агрессивности подземных вод и негативно влияют на подземные сооружения и коммуникации.

Таким образом, к потенциальным опасностям на участках активного приповерхностного газообразования на застраиваемых территориях города следует отнести:

- возможность спонтанных газо-грязевых выбросов, как результат саморазряджения областей избыточного давления биогаза в зонах активного газообразования при затрудненном обмене с атмосферой;
- разуплотнение и изменение несущей нагрузки газонасыщенных грунтов, охваченных процессами биохимической переработки органического вещества в биогаз;
- потенциальная возможность накопления природного газа (и прежде всего метана) в прилегающих к зонам активного газообразования подземных сооружениях или расположенных непосредственно в них (коллекторы, подвалы зданий, люки и т.д.);
- повышение агрессивности подземных вод (высокие содержания диоксида углерода), и, как следствие, усиление биокоррозии строительных материалов, труб, проложенных коммуникаций.

Проведенные на территории Санкт-Петербурга специальные исследования позволили определить потенциальные области подземного газообразования. Экологическая опасность, обусловленная образованием природного биогаза, появляется при застройке участков, где ранее существовали болота, естественные или искусственные водоемы и водотоки, которые впоследствии были засыпаны. Такая опасность усиливается, если в процессе их засыпки использовался малопроницаемый строительный мусор, твердые бытовые отходы.

При быстром повышении уровня грунтовых вод, вызванном обильными дождями в теплое время года или таянием снегов, происходит резкое усиление давления в пластах газообразования, что в значительной степени повышает опасность газогрязевых выбросов.

Эпицентры интенсивного образования биогаза в приповерхностных грунтах Санкт-Петербурга приурочены к следующим горизонтам, расположенным на глубинах 1,5-15 м от поверхности:

- к засыпанным строительным мусором отдельным элементам водоемов, природной и искусственной гидросети;
- к обогащенным торфом болотным образованиям;

- к участкам рекультивированных свалок.

Имеющийся опыт показывает, что установление систем разгрузки (газоотводных скважин, шурфов) является наиболее щадящим и экологически оправданным способом нейтрализации очагов скопления биогаза в грунтах в условиях крупного мегаполиса. В настоящее время на территории города оборудовано 52 газоразгрузочных скважины.

### **Загрязнение почвогрунтов**



[http://www.infoeco.ru/assets/images/environment/soil/g\\_soil\\_metall.jpg](http://www.infoeco.ru/assets/images/environment/soil/g_soil_metall.jpg)

Схема распределения суммарного индекса загрязнения почвогрунтов тяжелыми металлами (Zc) (кликните на картинку для увеличения изображения).

С 1991 года Региональный Геоэкологический центр (ныне - РГЭЦ ФГУП "Урангео") по заказу Администрации Санкт-Петербурга занимался исследованием загрязнения городских почв. На настоящий момент за счет различных источников финансирования, при основном вкладе Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга выполнено обследование загрязнения тяжелыми металлами почв по сети 200 x 200 м на площади около **830 кв.км**, включающей основные жилые районы города и промышленные зоны и зоны перспективной застройки.

В 2008 году проводились планомерные работы по оценке состояния почв в Колпинском районе города. Кроме того, выполнялись обследования земельных отводов, планируемых под строительство на остальной территории города.

Оценка качества почв с точки зрения уровней их загрязнения проводится в соответствии с Российским законодательством двумя путями: сопоставлением выявленных содержаний экотоксикантов с нормативными и расчетом показателя суммарного загрязнения почв с последующим сопоставлением полученных значений с оценочной шкалой, в соответствии с которой опасной считается величина свыше 32 условных единиц.

Более подробную информацию о загрязнении почв Санкт-Петербурга вы можете получить из ежегодного аналитического обзора "Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге", издаваемого Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации

Санкт-Петербурга. С данным изданием можно ознакомиться во всех крупных библиотеках города (Центральная городская публичная Библиотека им. В.В. Маяковского, Российская национальная библиотека, Библиотека Российской Академии наук, центральные районные библиотеки и библиотеки ВУЗов).

### **Геолого-картографический ресурс по региональной геологии**

<http://www.vsegei.ru/ru/info/georesource/>

#### **База данных Государственных геологических карт**

*База данных Государственных геологических карт – геолого-картографический ресурс геопривязанных растровых материалов (Государственные геологические карты масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000, гидрогеологические и инженерно-геологические карты масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000; полистные геофизические и дистанционные основы Госгеолкарты-1000/3 и Госгеолкарты-200/2). В 2014–2016 г.г. завершен первый этап наполнения ресурса, в 2017 году работы по его актуализации и пополнению продолжены.*

#### **ГИС-Пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России»)**

*Актуализированные ГИС-Пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России»), справочников о состоянии МСБ (в виде альбомов формата А3, растровых и текстовых цифровых материалов в формате \*.pdf) по федеральным округам и субъектам Российской Федерации (по состоянию на 01.01.2016 г.). Подробнее...*

#### **Сводное и обзорное геологическое картографирование территории РФ, международные проекты**

*Материалы сводного и обзорного геологического картографирования территории Российской Федерации, полученные в результате выполнения работ по Государственным контрактам и реализации проектов в рамках международного сотрудничества. На сегодняшний день представлены картами по территории РФ масштаба 1:2 500 000 – 10 000 000, а также геолого-картографическими материалами масштаба 1:2 500 000 – 1:5 000 000 по территории Европы, Северной, Центральной и Восточной Азии, Арктики*

#### **Цифровой каталог Государственных геологических карт**

*Цифровой каталог Государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 (третье поколение), масштаба 1:200 000 (второе поколение) содержит*

ГК-1000/2 - новая серия  
ГК-1000/3 - изданные КФ  
ВСЕГЕИ,  
ГК-200/2 - изданные КФ  
ВСЕГЕИ,  
ГК-200/2 - изданные МФ  
ВСЕГЕИ  
ГК-200/2 - авторские  
комплекты

*апробированные Научно-редакционным советом Роснедра и подготовленные к изданию в 2006–2016 г.г. макеты издательских листов и объяснительные записки (в формате PDF), а также единую цифровую модель комплекта (авторские материалы в виде zip-архива). Набор электронных карт ГК-1000/2 сформирован в виде базы данных, содержащей геопривязанные растры полотен изданных карт в системе WGS-84 и сопровождающие их элементы зарамочного оформления (легенда, разрезы, схемы и т.п.).*

**Государственная  
геологическая карта России**

*Здесь можно получить доступ к растровым копиям листов государственной геологической карты России (ГГК-1000, ГГК-200), изданной в государственном геологическом институте (ВСЕГЕИ).*

**Информационно-  
аналитическая система  
«Региональные геологические  
работы»**

*Система содержит информацию по геологической изученности РФ. Предоставляется доступ к метаданным по геологической карте России масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000. По каждому номенклатурному листу можно узнать год выпуска комплекта листов, какие карты входят в комплект, какие были издания, авторов, издателей, организацию - исполнителя и т.д. По многим критериям возможен поиск. Результаты запроса можно посмотреть на карте-схеме и в таблице.*

**Изученность территории  
Российской Федерации и ее  
континентального шельфа  
(Госгеолкарта-200/2 и  
Госгеолкарта-1000/3)**

*Содержит 3 раздела: **Раздел 1** – Изученность территории РФ и ее континентального шельфа Госгеолкартами масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000. **Раздел 2** – Текущие региональные геолого-геофизические и геолого-съёмочные работы. **Раздел 3** - Статистические сведения по геолого-геофизической изученности территории РФ и ее ФО по данным Росгеолфонда и НРС Роснедра.*

**Информационные бюллетени о состоянии геологической среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей**

Информационный бюллетень 2011 г. <ftp://ftp.vsegei.ru/marine-11.pdf>

Информационный бюллетень 2012 г. <ftp://ftp.vsegei.ru/marine-12.pdf>

Информационный бюллетень 2013 г. <ftp://ftp.vsegei.ru/marine-13.pdf>

**Уникальные геологические объекты Северо-Запада (справочно-поисковая система)**

[http://www.geomem.ru/mem\\_map.php?s\\_pict=sevzap.gif](http://www.geomem.ru/mem_map.php?s_pict=sevzap.gif)

**Задание № 1**

**1. Построить геологическую карту с учетом:**

**а) пласты горных пород залегают горизонтально и имеют постоянную мощность;**

**б) по линии горизонтального разлома произошел взброс, восточное крыло поднято на 30 м.**

**2. По прочерченной линии (I-I) построить схематический геологический разрез.**

**3. Построить краткое описание геологического строения и истории района.**

**4. Проанализировать составленный геологический разрез с точки зрения оценки гидрологических условий.**

На представленной геологической карте отражено следующее накопление осадков:

- ложе моря – известняк, интервал 160-165 м
- прибрежные морские отложения – глина, интервал 165-205 м
- прибрежные морские отложения – песок, интервал 205-225 м
- пляжные отложения – галька, интервал 225 – 227 м.

В направлении с севера на юг существует разлом. Разлом является границей взброса восточной части на 30 м.

Залегание подземных вод может быть приурочено к коренным отложениям, представленным известняками и к пескам четвертичных отложений, воды четвертичных отложений безнапорные.

Нарушенное залегание пород, вызванное разломом и взбросом, во многих случаях определяет неоднородность основания и среды для сооружений, что усложняет конструкцию зданий и сооружений, а также осложняет производство работ.



В рассматриваемом случае пласты пород имеют постоянную мощность и залегают горизонтально, что положительно влияет на возможность строительства.

Сооружения необходимо размещать на возможно большем удалении от линии разрыва.

### **Задание № 2**

**1. Построить геологический разрез по скважинам, пробуренным по оси водопровода.**

**2. По разрезу составить краткую характеристику гидрогеологических условий по трассе водопровода и инженерно-технических условий площадок сооружений**

Трасса водопровода проходит преимущественно по песчаным грунтам. Песчаные грунты обладают высокой водопроницаемостью и низкой влагоемкостью.

Насосная станция и водонапорная башня находятся в благоприятных местах. Основания насосной станции и водонапорной башни находятся в песчаных грунтах, неподверженных набуханию, усадке и вспучиванию.

Неблагоприятными для строительства являются участки со сложным многослойным рельефом, наклонным залеганием пластов.

Залегание грунтовых вод возможно в районе скважин №№1, 2, 3, 4, 5. Воды приурочены к песчаным грунтам. Воды безнапорные.

При проектировании и строительстве сооружений необходимо учитывать гидравлический уклон, питание водоносного горизонта.

### **Задание № 3**

**1. Для заданной территории построить гидроизогипсы через 0,5 м**

**2. Определить и показать линиями направление потока грунтовых вод в районе проектируемого объекта**

**3. Вычислить уклон грунтового потока между скважинами 3-6, 5-6. Вычислить скорость движения потока при коэффициенте фильтрации  $K_f=8\text{м/сут}$ .**

**4. Заитриховать участки с глубиной залегания грунтовых вод менее 1 м.**

**5. Установит взаимосвязь грунтовых вод с водами реки Соть.**

Для построения карты изогипс вычислим значения отметок уровня грунтовых вод для имеющихся скважин.

Скважина №1	$\frac{17,8}{16,7}$	Скважина №2	$\frac{17,3}{16,5}$	Скважина №3	$\frac{16,3}{16,0}$	Скважина №4	$\frac{15,4}{15,0}$
-------------	---------------------	-------------	---------------------	-------------	---------------------	-------------	---------------------

Скважина №5  $\frac{16,1}{14,4}$  Скважина №6  $\frac{14,5}{13,7}$  Скважина №7  $\frac{14,0}{13,8}$  Скважина №8  $\frac{12,3}{11,8}$

Скважина №9  $\frac{15,2}{12,9}$  Скважина №10  $\frac{13,2}{11,0}$  Скважина №11  $\frac{13,0}{12,0}$  Скважина №12  $\frac{14,5}{13,6}$

$$i_{3-6} = \frac{16,0 - 13,7}{420} = 0,0054$$

$$i_{5-6} = \frac{16,1 - 13,7}{590} = 0,004$$

Скорость движения воды  $V$  определим по формуле

$$V_{3-6} = K_{\phi} \times \sqrt{i_{3-6}} = 8 \times 0,087 \approx 0,6 \text{ м/сут}$$

$$V_{5-6} = K_{\phi} \times \sqrt{i_{5-6}} = 8 \times 0,072 \approx 0,5 \text{ м/сут}$$

Грунтовые воды питают реку Соть.

#### **Задание № 4**

**1. Пользуясь данными химических анализов воды пересчитать содержание ионов из мг/дм<sup>3</sup> в мг-экв/дм<sup>3</sup> и в мг-экв% форму.**

**2. Выразить анализ воды в виде формулы Курлова.**

**3. Оценить качество воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения.**

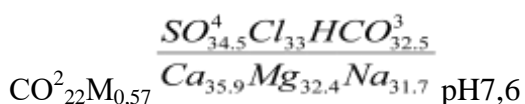
**4. Дать оценку агрессивности воды по отношению к бетону по СНиП2.03.11-85**

Компоненты	Содержание		
	мг/л	мг-ЭКВ/л	мг-ЭКВ/%
Cl <sup>-</sup>	119	3,36	33,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	168	3,49	34,5

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	201	3,3	32,5
СУММА		10,15	100%
Na <sup>+</sup>	74	3,22	31,7
Ca <sup>2+</sup>	73	3,64	35,9
Mg <sup>2+</sup>	40	3,29	32,4
СУММА		10,15	100%
Свободный CO <sub>2</sub>	22,0		
pH	7,6		

Формула М.Г.Курлова служит для отображения химического состава воды и записывается в виде псевдодробы в числителе которой, записывают анионы в убывающем порядке, а в знаменателе катионы в убывающем порядке. Перед дробью записываются микроэлементы, свободные газы и общая минерализация воды. Минерализация воды считается как сумма всех анионов и катионов, обнаруженных при химическом анализе за вычетом половины (точнее 0,49) HCO<sub>3</sub>. Минерализация записывается в г/л. После дроби записывается pH.

В данном случае формула Курлова имеет вид:



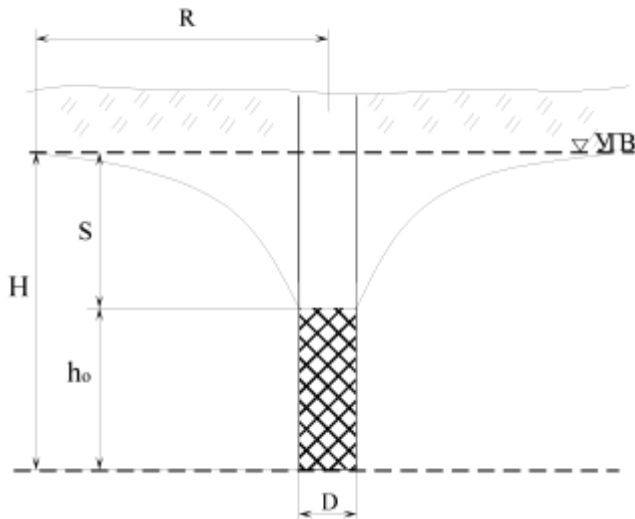
Вода пресная, жесткая, сульфатно-хлоридная-кальциево-магниевая.

Вода к бетону не агрессивна, CO<sub>2</sub><100мг/л, pH>7.

Согласно ГОСТ 2574-82 «Вода питьевая» - вода пригодна для питьевого водоснабжения.

**Задание № 5**

**Вычислить дебит совершенной скважины, вскрывшей грунтовые воды в галечниках с коэффициентом фильтрации 30 м/сут, мощность водоносного горизонта 28 м, диаметр скважины 0,4 м, понижение уровня при откачке 14 м.**



Й2

Формула Кусакина для определения радиуса влияния, имеет вид:

$$R=2S\sqrt{HK_{\phi}}, \text{ где } S=H-h_0$$

$$R=2\times 14\times \sqrt{28\times 30}=811,5 \text{ м}$$

Дебет скважины определяем по формуле:

$$Q=\frac{2,73K_{\phi}H\times H}{\lg\frac{R}{r}}=\frac{2,73\times 30\times 28\times 28}{\lg\frac{811,5}{0,2}}=8918\text{м}^3/\text{сут}$$

**Задание № 6**

**Построить кривую гранулометрического состава песка, найти действующий диаметр  $d_{10}$  и по нему определить коэффициент фильтрации при температуре 8 °С по формуле Хазена:  $K=1000d_{10}^2 (0,7+0,03t)$  м/сут**

$$d_{10}=0,05$$

$$K=1000 \times 0,05^2 (0,7 + 0,03 \times 8) = 2,35 \text{ м/сут}$$

### ***Задание № 7***

***Указать особенности гидрогеологических исследований для водоснабжения в районах развития грунтовых вод.***

В районах развития грунтовых вод проводятся подробные гидрогеологические исследования, имеющие своей целью решение вопроса о целесообразности использования грунтовых вод для хозяйственно-питьевых целей, орошения, строительства. Объем проводимых исследований зависит от степени изученности территории

В процессе гидрогеологических исследований проводится подробный химический анализ воды, выясняется качество грунтовых вод на разных горизонтах, проводится оценка запасов воды. По результатам проведенных исследований производится районирование территории. В результате районирования выделяются участки наиболее перспективного использования подземных вод, места возможного расположения пунктов водоснабжения, характеризуются гидрогеологические условия для строительства сооружений.

### ***Задание № 8***

***Строение Земли и вещественный состав земной коры.***

Земля имеет форму геоида. Земля состоит из нескольких концентрических, сплошных или прерывистых оболочек – геосфер. Сферы имеют неоднородный состав и различную толщину.

Выделяют три наружные геосферы: атмосферу, гидросферу и литосферу.

Атмосфера представляет собой оболочку из газов и водяных паров. Гидросфера включает водную оболочку Земли (моря, океаны, реки, озера, подземные воды). Литосфера представляет собой твердую часть земной поверхности и является земной корой. Ниже расположена верхняя мантия, затем мантия, внешнее ядро и внутреннее ядро.

Выделяют кору двух типов: континентальную и океаническую.

В континентальной коре выделяют три основных слоя:

1. осадочный;
2. гранитный;
3. базальтовый.

Средняя мощность континентальной коры 35-45 км, максимальная – до 75.

Океаническая кора отличается отсутствием гранитного слоя и значительно меньшей мощностью – до 10 км. Базальтовый слой закрыт слоем донных осадков.

Химические элементы в коре встречаются в виде соединений и в свободном виде, образуя минералы (кварц, полевые шпаты, слюды и пр.). Скопления минералов образуют разнообразные геологические тела – горные породы. По условиям образования все горные породы делятся на магматические, осадочные, метаморфические. Горные породы могут быть моно- и полиминеральными.

Горные породы содержат полезные ископаемые (нефть, газы, соли, руды, подземные воды).

По химическому составу земная кора на 99% состоит из девяти элементов:

Кислород – 46% , Кремний – 27,7% , Алюминий – 8,13% , Железо – 5% , Кальций – 3,63% , Натрий – 2,83% , Магний – 2,9% , Калий – 2,59% , Титан – 0,44% .

### ***Задание № 9***

#### ***Инженерно-геологические свойства грунтов и их показатели***

В зависимости от состава и происхождения грунты делятся на несколько классов:

- скальные;
- дисперсные;
- мерзлотные;
- техногенные.

Все классы грунтов характеризуются физическими, водно-физическими и механическими свойствами.

^ К основным физическим свойствам грунтов относятся:

- плотность грунта  $\rho = m/V$ , г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>.

- пористость грунта  $n = (V_n/V) 100$

^ К основным водно-физическим свойствам грунтов относятся:

- влажность грунта  $W$

- полная влагоемкость  $W_n = n/\rho_d$

- пластичность

- деформируемость

- набухание (характеризуется коэфф-м набухания  $k = [(V - V_1)/V_1] 100$  )

- усадка

- размокание

^ К основным механическим свойствам грунтов относятся:

- сжимаемость грунтов

- прочность грунтов

Для характеристики деформационных свойств грунта пользуются модулем деформации  $E$ , модулем упругости  $E_y$ , модулем общей деформации.

В зависимости от класса грунта, помимо основных показателей могут применяться характеристики свойственные только конкретному классу (например, для дисперсных грунтов набухание, пучение, усадка; для мерзлотных грунтов льдистость, температурно-прочностные свойства, криогенная структура).