

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

Кафедра геоэкологии

ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Методические указания к курсовому проекту
для студентов специальности 21.05.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 502.3.55:502.65(073)

ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: Методические указания к курсовому проекту / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *М.А. Пашкевич, А.В. Алексеенко*. СПб, 2019. 22 с.

Курсовой проект по дисциплине «Геохимия окружающей среды» должен выработать у студента умение самостоятельно применять на практике знания, полученные на лекциях и лабораторных занятиях. Это комплекс заданий по выделению различных типов техногенных ландшафтов, ореолов и потоков загрязнения на ситуационном плане горного предприятия, расчету коэффициентов контрастности (опасности) и суммарного загрязнения, определению насыщенности сточных вод труднорастворимыми соединениями по исходным данным, полученным в результате геохимического опробования рассматриваемой территории.

Методические указания предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горнопромышленная экология».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент д-р хим. наук *И.Д. Устинов* (АО «Механобр-техника»)

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект выполняется для условий предприятия, занимающегося добычей и переработкой полезных ископаемых. Разработка месторождения ведется открытым способом по транспортно-отвальной схеме с дальнейшей рекультивацией нарушенных земель в сельскохозяйственном и лесохозяйственном направлениях. Переработка руды производится на двух обогатительных фабриках (рудопромывочной и флотационной) и на заводе по производству удобрений. Весь цикл добычи и переработки полезных ископаемых сопровождается накоплением жидких и твердых отходов, загрязняющих земли, поверхностные и подземные воды, и, соответственно, формированием техногенных ландшафтов, лито- и гидрогеохимических ореолов и потоков загрязнения.

При попадании в ландшафт сточных вод происходит их самоочищение вследствие осаждения таких труднорастворимых соединений как CaF_2 , CaHPO_4 , CaCO_3 .

Курсовой проект выполняется индивидуально. Результаты расчетов сводятся в таблицы, которые используются при построении техногенных ореолов и потоков на ситуационном плане предприятия.

Результаты выполненной работы оформляются в виде отчета, который подлежит защите.

Целесообразно придерживаться принятой в настоящих методических указаниях последовательности выполнения разделов курсового проекта.

СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Оглавление. Перечень наименований всех разделов с указанием номеров страниц. Приложения размещают после библиографического списка.

Аннотация. Краткая характеристика проведенной работы с указанием техногенных ландшафтов, которые формируются в районе расположения горного предприятия, ореолов загрязнения, их контрастности (по основным загрязняющим веществам) и процессов самоочищения водных и земельных ресурсов.

1. Общие сведения о промышленном объекте. Дается краткое описание промплощадки объекта с указанием расположенных на ней источников загрязнения водных и земельных ресурсов, их координат по осям абсцисс и ординат в метрах, отсчитываемых от левого нижнего угла рамки карты. Если источник загрязнения (например, породный отвал, хранилище отходов) имеет значительную площадь, указываются координаты его центра и площадь.

В разделе приводится ситуационная карта-схема, на которую нанесены все источники загрязнения водных и земельных ресурсов, природные и техногенные ландшафты, формирующиеся на рассматриваемой территории, контрольные посты наблюдения за загрязнением вод и земель.

2. Построение инженерно-экологической карты. Инженерно-экологическая карта является графическим отображением на плоскости современного экологического состояния окружающей среды и (или) прогноза ее изменения на заданный интервал времени с изображением источников и объектов техногенного воздействия и с характеристикой результатов этого воздействия.

Условные обозначения для построения инженерно-экологической карты приведены в приложении 1.

3. Природные и техногенные ландшафты. Определение природных, техногенных и элементарных ландшафтов, выделенных на карте.

Ландшафт – основная единица физико-географического деления (районирования). Это генетически единая территория с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером подземных и поверхностных вод, закономерным сочетанием почв, растительных и животных сообществ. Определенный ландшафт может быть характерным для небольшого района или географической зоны.

Элементарный ландшафт – это определенный элемент рельефа, сложенный одной породой или наносом, на протяжении которого сохраняется определенный тип почвы, и покрытый в каждый отдельный момент своего существования определенным растительным сообществом.

Техногенный (антропогенный) ландшафт – измененный или искусственно созданный человеком на природной основе ландшафт; природно-производственный территориальный комплекс, природное равновесие в котором постоянно поддерживается человеком.

Для описания выделенного ландшафта целесообразно наименование из трех слов, где сначала указывается тип ландшафта (природный или техногенный), далее класс ландшафта (для природных – лесной, степной, тундровый, пустынный; для техногенных – селитебный, агро-, лесохозяйственный, пустоши), затем подкласс ландшафта (элювиальный, супераквальный, аквальный). Например, техногенный лесохозяйственный элювиальный ландшафт на территории рекультивированных в лесохозяйственном направлении карьерных отвалов. Для каждого выделенного ландшафта указывают основной (основные) тип и направления миграции химических элементов.

В зависимости от преобладающего вида миграции целесообразно классифицировать выделенные ландшафты на биогенные и абиогенные.

На карту-схему выносят все выделенные ландшафты. Подкласс ландшафта обозначают соответствующим цветом:

- желтым – элювиальные,
- зеленым – супераквальные,
- синим – аквальные.

Оттенком цвета обозначают принадлежность к определенному типу ландшафтов:

- темным – техногенные,
- светлым – природные.

Остальную информацию наносят специальными значками или штриховкой в контуре выделенного ландшафта (см. прил.2).

4. Техногенные ореолы и потоки загрязнения. Выделение, классификация и описание ореолов и потоков загрязнения.

Гидрогеохимические ореолы загрязнения – это области распространения подземных и поверхностных вод с многократно повышенными по сравнению с фоновыми концентрациями микро- и макроэлементов, формирующиеся в результате сбросов в поверхностные и подземные воды сточных и карьерных вод, а также образующиеся за счет растворения и выноса химических элементов и соединений из минеральных отходов добычи и переработки полезных ископаемых.

Гидрогеохимические потоки загрязнения - это участки линейной формы с многократно повышенными по сравнению с фоновыми концентрациями микро- и макроэлементов в подземных и поверхностных водах.

Литохимические ореолы загрязнения – это области распространения в рыхлых покровных отложениях с многократно повышенными по сравнению с фоновыми содержаниями элементов, образующиеся в результате попадания на поверхность твердых отходов добычи и переработки минерального сырья.

Литохимические потоки загрязнения – это участки линейной формы с многократно повышенными по сравнению с фоновыми концентрациями химических элементов, образующиеся в донных отложениях временных и постоянных водных потоков, выносящих их из очагов загрязнения (отвалов, хранилищ отходов).

Положение литохимических ореолов загрязнения на карте выделяется контуром. Как правило, контур литохимического ореола загрязнения совпадает с контуром хранилища твердых отходов, либо с контуром рекультивированных после отработки полезного ископаемого земель. Положение гидрогеохимических ореолов, как правило, не ограничивается контуром отстойников или накопителей.

Вследствие плохой изоляции дна и стенок хранилищ жидких отходов происходит инфильтрация сточных вод и миграция загрязняющих веществ за пределы хранилища. Аналогичная картина наблюдается и при распространении загрязнения в подземных водах вследствие выщелачивания и растворения твердых отходов атмосферными осадками и их инфильтрации в подземные воды. В рассмотренных случаях контуром гидрогеохимических ореолов загрязнения служит изолиния со значением коэффициента суммарного загрязнения, равным единице. Потоки загрязнения совпадают с контуром реки в местах ее загрязнения.

В разделе описываются основные ореолы загрязнения. Для каждого ореола указывается его источник, площадь на момент опробования, состав, контрастность по основным загрязнениям и коэффициент суммарного загрязнения в очаге, прогнозируется направление продвижения фронта загрязнения.

Для построения карты техногенных ореолов и потоков в первую очередь рассчитывают коэффициенты контрастности и суммарного загрязнения.

Коэффициенты контрастности гидрогеохимических ореолов и потоков загрязнения определяют для каждого загрязняющего компонента относительно значения предельно допустимых концентраций ПДК ($K^{\text{ПДК}}$ – коэффициент контрастности относительно ПДК) и фоновых значений (K^{Φ} – коэффициент контрастности относительно фона):

$$K_A^{\text{ПДК}} = C_A / \text{ПДК}_A; \quad K_A^{\Phi} = C_A / C_A^{\Phi},$$

где C_A – концентрация компонента А в загрязненных водах, мг/л, мг-экв./л; ПДК_A – предельно допустимая концентрация компонента А, мг/л, мг-экв./л; C_A^{Φ} – фоновая концентрация компонента А, мг/л, мг-экв./л.

Оценка степени загрязнения подземных и поверхностных вод производится по суммарному коэффициенту загрязнения вод:

$$K_3 = \sum_{i=1}^n K^{\text{ПДК}} = K_{\text{Cl}^-}^{\text{ПДК}} + K_{\text{SO}_4^{2-}}^{\text{ПДК}} + K_{\text{OЖ}}^{\text{ПДК}} + K_{\text{P}}^{\text{ПДК}} + \dots$$

Для определения степени инородности техногенных пород для природного естественного ландшафта применяют коэффициент контрастности техногенных литохимических ореолов

$$K^{\text{лит}} = C_A / C_A^{\Phi},$$

где C_A – концентрация компонента (соединения, минерала) А в техногенных отложениях, мг/кг, %; C_A^{Φ} – фоновое содержание компонента А, мг/кг, %.

Данные для расчета коэффициентов контрастности и суммарного загрязнения гидрохимических ореолов и потоков загрязнения приведены в табл. 1. Результаты расчетов сводят в табл. 2.

Таблица 1

Концентрация загрязняющих компонентов в подземных и поверхностных водах, их фоновые значения, ПДК, мг/л

Место отбора проб	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ОЖ мг- экв/л	F ⁻	P	Соляное масло	Соли смоляной кислоты
ПДК	350	500			7	1,5	3,5	0,05	2,0
Фоновые воды	7,4	141	62	9,7		0,85	0,1	0,0001	0,01
Хвостохранилища: флотации	575	960 + x	400 + x	250		8,2	10	3,5	350
рудопромывки старые	360 250	1050 + x 580 + x	500 + x 250 + x	240 120		9,2 4,0	15 8	0,5 0,001	150 56
Скважины:									
1	400	975 + x	480 + x	250		8,8	12	1,1	280
2	200	600 + x	390 + x	180		4,3	5,4	0,1	25,4
3	120	480 + x	280 + x	102		2,7	2,9	0,01	3,7
4	75	320 + x	190 + x	85		1,8	1,5	0,005	1,5

Продолжение табл. 1

Место отбора проб	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ОЖ мг- экв/л	F ⁻	Р	Соляровое масло	Соли смоляной кислоты
5	45	250 + x	150 + x	48		1,2	0,7	0,001	0,5
6	70	150 + x	80 + x	57		1,5	2,5	0,005	25
7	220	590 + x	220 + x	165		3,5	1,2	0,5	68
8	75	220 + x	90 + x	65		1,5	1,7	0,05	30
9	120	480 + x	220 + x	120		2,2	3,5	0,005	25
Хвостохранилище ПКОФ	1115	3580 + x	1220 + x	250		14	18	0,01	400
Скважины 10, 10а, 10б	250	490 + x	320 + x	65		1,4	6,5	0,005	10
Скважина 11	535	1520 + x	750 + x	120		5,0	6,3	0,005	180
Колодец, скважина 12	302	640 + x	310 + x	58		2,2	3,2	0,005	30

Примечания

1. Суммарное негативное влияние ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ определяется общей жесткостью, ПДК_{ож} = 7 мг-экв./л. Общая жесткость рассчитывается по формуле $OЖ = C_{Ca^{2+}} / 20 + C_{Mg^{2+}} / 12$.
2. Величина x равна номеру студента по журналу учебной группы, умноженному на 5.
3. ПКОФ – производство кормовых обесфторенных фосфатов.

Таблица 2

**Коэффициенты контрастности и суммарного загрязнения
гидрогеохимических ореолов и потоков**

Место отбора пробы	Коэффициенты контрастности относительно ПДК/фона							Кз
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ОЖ	F ⁻	Р	Соляровое масло	Соли смоляных кислот	

Примечание. В числителе – коэффициенты контрастности относительно ПДК, в знаменателе – относительно фона.

По данным опробования техногенных пород и естественных покровных отложений (табл. 3) рассчитывают коэффициенты контрастности литохимических ореолов загрязнения

Таблица 3

Содержание различных соединений в естественных почвенно-покровных отложениях и техногенных отложениях, %

Порода	Фосфаты	Фториды	Сульфаты	Карбонаты	Кальций	Железо	Титан
Почвенно-покровные отложения (фоновые значения)	0,05	0,01	0,38	0,85	3,85	2,37	0,03
Глауконитовая супесь (территории сельскохозяйственного освоения)	6,5	2,8	1,03	0,95	9,07	10,38	0,3
Эфеля (отходы рудо-промывки)	8,9	0,3	1,2	2,7	15,26	13,53	-
Шламы (отходы флотации)	5,1	0,61	0,8	1,97	9,8	14,32	-

Результаты расчетов сводят в табл. 4. После выполнения расчетов составляют карты техногенных ореолов и потоков. На первом этапе изготавливают картографическую основу, то есть наносят элементы географической привязки: гидрографию, дорожную сеть, границы угодий. Эту работу выполняют на бланковом оттиске первичного картографического изображения. Из исходных графических элементов отбирают только необходимые для выделения техногенных ореолов и потоков.

**Коэффициенты контрастности литохимических ореолов загрязнения
различными соединениями**

Порода	Фосфаты	Фториды	Сульфаты	Карбонаты	Кальций	Железо	Титан
Территории сельскохозяйственного освоения							
Хранилища отходов рудопромывки							
Хранилища отходов флотации							

На втором этапе на бланк наносят элементы специального содержания:

1. Контуры (см. прил. 3), и состав литохимических ореолов и потоков с указанием коэффициентов контрастности для каждого загрязняющего компонента. Как правило, на карту выносят три основных загрязняющих компонента для каждого литохимического ореола или потока. Состав указывают в рамке или над контуром потока.

2. Контуры хранилищ жидких отходов, контуры загрязнения реки и ручьев. В рамке – состав загрязняющих компонентов и коэффициенты контрастности.

3. Все пункты отбора проб воды (скважины, колодцы и пр.), их номера и значения коэффициентов суммарного загрязнения для каждого пункта.

4. Полученные в результате интерполяции с использованием коэффициентов суммарного загрязнения в каждом пункте опробования, изолинии (линии равных значений) коэффициентов суммарного загрязнения. Значения изолиний должны быть кратны двадцати (20, 40, 60, ..., 200) либо пятидесяти (50, 100, 150, 200). Красным цветом

выделяется изолиния с коэффициентом, равным единице, которая служит границей гидрохимических ореолов загрязнения.

Далее карту оформляют: указывают географические названия, komponуют части карты, наносят зарамочные элементы, выделяют места для размещения названия, легенды, справочных надписей.

5. Литологический разрез территории и гидрохимический профиль.

Цель раздела заключается в составлении разрезов и профилей территории активного техногенного воздействия, в выработке умения анализировать литологическое строение района, выявлять зоны наиболее значительных преобразований покровных отложений.

Литологический разрез территории представляет собой графическое изображение на вертикальной плоскости условий залегания разновозрастных отложений и их состава, формы геологических тел и изменения их мощности. Разрез дополняет и уточняет инженерно-экологическую карту района, дает возможность судить о глубине техногенных преобразований, мощности техногенных отложений, степени изоляции хранилищ отходов, защищенности подземных и поверхностных вод от проникновения в них загрязнения.

Для построения разреза используют данные наземных наблюдений, буровых скважин и геофизических наблюдений. Масштабы вертикальный и горизонтальный могут быть одинаковыми, но в ряде случаев для детализации разреза допускается превышение масштаба вертикальной оси над масштабом горизонтальной в несколько раз.

Литологический разрез территории составляют в два этапа. Первый включает построение линии земной поверхности и линии напластований различных пород (производится по данным натуральных наблюдений и бурения). В документации к каждой скважине содержатся данные об абсолютной отметке ее устья, ее глубине, порядке и мощности напластования пород, отметке уровня грунтовых вод (табл. 5.).

На втором этапе дают литологическую характеристику пород (табл. 5).

Гидрохимический профиль представляет собой графическое изображение изменения концентраций определенных химических элементов или соединений, а также коэффициента суммарного загрязнения в подземных водах по заданной линии. В рассматриваемом случае эта линия совпадает с линией литологического разреза. Построение гидрохимических профилей – один из способов обобщения наблюдений за изменением состава подземных вод в районе техногенного воздействия предприятия на окружающую среду.

При построении гидрохимического профиля используют данные таблицы 1 – концентрации различных загрязнителей в подземных водах в различных скважинах (№№ 1–5).

На оси абсцисс отмечают скважины и хвостохранилище в соответствии с масштабом разреза. По оси ординат откладывают концентрации различных компонентов и коэффициент суммарного загрязнения.

4. Процессы техногенной метаморфизации состава вод и пород. К процессам техногенной метаморфизации вод относятся:

- процессы, переводящие вещество в раствор (растворение, выщелачивание);
- процессы, выводящие вещество из раствора (осаждение, кристаллизация, сорбция);
- процессы, сочетающие воспроизводство и поглощение растворенного вещества (ионный обмен, окислительно-восстановительные и биогеохимические реакции).

По результатам анализа состава сточных вод рудопромывки и флотации (см. табл. 1 и табл. 6), выявляют направленность процессов метаморфизации составов вод и пород.

Таблица 5

Литологическая характеристика и мощность (м) отложений территории хвостового хозяйства

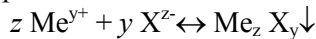
лито- логическая характеристика отложений	№ скважины		Хвосто храни- лище флота- ции*	2	3	4	5**
	1						
Абсолютная отметка поверхности	128,0		138,0	129,0	129,0	129,0	129,0
Глубина зале- гания грунто- вых вод		2,0	-	1,5	5,0	8,0	12,0
Почвенно – растительный покров		-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Пески тонко- зернистые		-	-	2,0	2,0	2,0	2,0
Суглинок		-	-	1,5	1,5	1,5	1,5
Пески средне- зернистые		-	-	6,0	6,0	6,0	6,0
Намывные отложения		-	10,0	-	-	-	-
Насыпные отложения		12,0	12,0	-	-	-	-
Фосфорит		0,5	-	3,0	3,0	3,0	3,0
Глины (вскрытая мощность)		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

* высота дамбы 4 м, ширина 4 м, отметка уреза воды 138,5 м.

Дополнительные характеристики состава сточных вод для расчета их насыщенности труднорастворимыми соединениями

Место отбора проб	pH	Концентрация HCO_3^- (мг/л)
хвостохранилище рудопромывки	7,0	1000
хвостохранилище флотации	7,5	1300

При инфильтрации сточных вод в природные воды происходит изменение кислотно-щелочной и окислительно-восстановительной обстановки. В результате этого некоторые загрязняющие вещества осаждаются и теряют миграционные способности. Процессы осаждения труднорастворимых веществ типа Me_zX_y описываются уравнением вида



Возможность прохождения процесса определяется насыщенностью r вод соединением Me_zX_y : при $r < 1$ раствор недонасыщен Me_zX_y , при $r = 1$ наблюдается равновесие между жидкой и твердой фазой, а при $r > 1$ раствор перенасыщен Me_zX_y и происходит осаждение его из раствора.

Расчет насыщенности вод труднорастворимыми соединениями производится в следующей последовательности.

1. Определяют молярные концентрации основных компонентов, содержащихся в водах

$$C_i = \frac{c_i}{M_i} \cdot 10^{-3},$$

где c_i – заданная концентрация i -го компонента, мг/л; M_i – молекулярная (атомная) масса i -го компонента.

2. Рассчитывают ионную силу раствора:

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n C_i z_i^2,$$

где z_i – заряд i -го компонента.

3. По закону Дебая – Хюккеля рассчитывают коэффициент активности. В упрощенном виде, при низких значениях ионной силы раствора коэффициент активности:

$$\lg \gamma = -\frac{0,5z_i^2 \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}.$$

В рассматриваемом случае коэффициенты активности вычисляют для одно- и двухвалентных ионов:

$$\lg \gamma^{(I)} = -\frac{0,5\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}; \lg \gamma^{(II)} = -\frac{0,5 \cdot 4\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}.$$

4. Определяют активность: $a_i = \gamma_i \cdot C_i$.

5. Рассчитывают насыщенность r . Для условного соединения Me_zX_y насыщенность

$$r_{Me_zX_y} = \frac{(a_{Me^{y+}})^z \cdot (a_{X^{z-}})^y}{L_{p_{Me_zX_y}}},$$

где $L_{p_{Me_zX_y}}$ – растворимость соединения Me_zX_y в воде.

Насыщенность вод соединениями $CaHPO_4$, CaF_2 может быть определена следующим образом:

$$r_{CaHPO_4} = \frac{a_{Ca^{2+}} a_{HPO_4^{2-}}}{2,7 \cdot 10^{-7}}; r_{CaF_2} = \frac{a_{Ca^{2+}} (a_{F^-})^2}{4 \cdot 10^{-11}}.$$

Так как при $pH < 8$ в составе вод преобладают ионы HCO_3^- первой стадии диссоциации угольной кислоты, требуется предварительный условный перерасчет активностей ионов HCO_3^- в активности ионов CO_3^{2-} .

Диссоциация угольной кислоты происходит по реакции:



Для второй стадии диссоциации справедливо выражение:

$$K_{H_2CO_3} = \frac{a_{H^+} a_{CO_3^{2-}}}{a_{HCO_3^-}},$$

где $K_{\text{H}_2\text{CO}_3}$ – константа второй стадии диссоциации угольной кислоты ($10^{-10,3}$), а $a_{\text{H}^+} = 10^{-\text{pH}}$.

Тогда активность ионов CO_3^{2-}

$$a_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{a_{\text{HCO}_3^-} 10^{-10,3}}{10^{-\text{pH}}},$$

Насыщенность вод соединениями CaCO_3 может быть определена следующим образом:

$$r_{\text{CaCO}_3} = \frac{a_{\text{Ca}^{2+}} a_{\text{CO}_3^{2-}}}{3,7 \cdot 10^{-9}}.$$

Все расчеты сводят в табл. 7. На основе расчетов следует сделать вывод о возможности протекания процессов осаждения различных труднорастворимых веществ.

Таблица 7

Расчет насыщенности сточных вод труднорастворимыми соединениями

Хвостохранилище	рудопромывки/флотации		
Параметр	c_{i_s} мг/л	C_{i_s} моль/л	a_{i_s} моль/л
HCO_3^-			
Cl^-			
SO_4^{2-}			
Ca^{2+}			
Mg^{2+}			
Na^+			
F^-			
HPO_4^{2-}			
I			
$\chi(\text{I})$			
$\chi(\text{II})$			
r_{CaF_2}			
r_{CaHPO_4}			
r_{CaCO_3}			

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

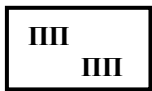
а) Основная литература

1. *Пашкевич М.А.* Геохимия окружающей среды.- СПб; Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»; 2014.
2. *Алексеенко В.А.* Геоэкология: экологическая геохимия: учебник. - Изд. 2-е, перераб.: - Ростов-н/Д.: Феникс, 2017.
3. *Алексеенко В.А., Бузмаков С.А., Панин М.С.* Геохимия окружающей среды: - Пермь, Перм. гос. нац. ун-т, - 2013.

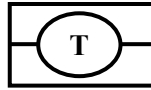
б) Дополнительная литература

1. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. - М., Недра, 1990.
2. Экогеохимия ландшафтов / *Н.С. Касимов.* М.: ИП Филимонов М.В., 2013.
3. *Перельман А.И.* Геохимия. - М., Высшая школа, 1989.
4. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта: - М.: Астрей, 2000.
5. *Алексеенко В.А.* Экологическая геохимия: - М.: Университетская книга, Логос, 2000.
6. *Алексеенко В.А.* Геохимия ландшафта и окружающая среда.- М., Недра, 1990.
7. *Фортескью Дж.* Геохимия окружающей среды. - М., Прогресс, 1985.

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЕ**



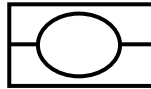
предприятие производственного цикла



транспорт тепла



карьерная выемка, вскрывающая юрский водоносный горизонт



транспорт воды



производство тепла



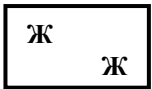
гидротранспорт отходов



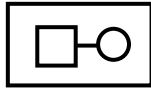
хранилища твердых отходов



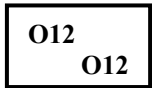
пункт перегрузки



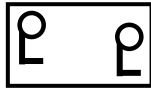
хранилища жидких отходов



водозабор



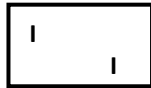
отвалы пустой породы высотой 12 метров



рекультивация:
лесо-хозяйственная



лес



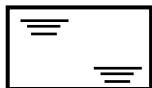
сельскохозяйственная (пропашные)



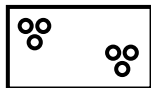
вырубка леса



сельскохозяйственная (кормовые)



болота

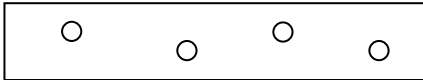


рекреационная

**НЕКОТОРЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЕ-СХЕМЕ**

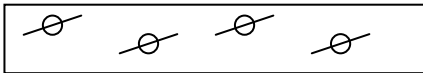
Ландшафты:

природные:



- лесные

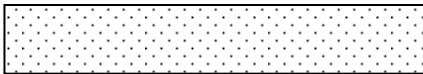
техногенные:



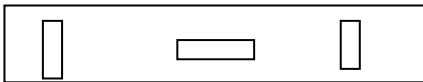
- лесохозяйственные



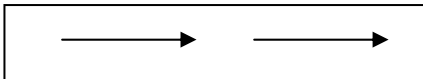
- агрохозяйственные



- пустоши

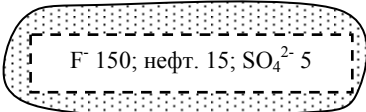


- селитебные




- направление миграции
загрязнителей

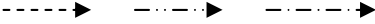
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К КАРТЕ-СХЕМЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ И ПОТОКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

 - границы и состав основных загрязняющих веществ гидрогеохимического ореола или потока загрязнения; цифрами обозначены коэффициенты контрастности соответствующих загрязняющих веществ.

 - границы и состав основных загрязняющих веществ литохимического ореола или потока загрязнения

 - литохимический поток загрязнения

 - гидрогеологический ореол загрязнения с различной контрастностью. Градацию коэффициента суммарного загрязнения выбирают произвольно. Например: $a - > 100$; $b - 100-50$; $v - 50-1$

 - гидрогеохимический поток загрязнения с различной контрастностью

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Структура курсового проекта.....	4
Рекомендуемый библиографический список.....	18
Приложение 1. Условные обозначения к инженерно-экологической карте.....	19
Приложение 2. Некоторые условные обозначения к ландшафтной карте-схеме.....	20
Приложение 3. Условные обозначения к карте-схеме техногенных ореолов и потоков загрязнения.....	21

ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Методические указания к курсовому проекту
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *М.А. Пашкевич, А.В. Алексеенко*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *М.А. Пашкевич*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 01.04.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,3. Усл.кр.-отг. 1,3. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 288. С 109.

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