

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор М.А. Пашкевич

Проректор по образовательной
деятельности Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

Уровень высшего образования:	Бакалавриат
Направление подготовки:	05.03.06 Экология и природопользование
Направленность (профиль):	Природопользование
Квалификация выпускника:	бакалавр
Форма обучения:	очная
Составитель:	д.т.н. Черемисина О.В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Коллоидная химия» составлена:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриат по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», утвержденного приказом Минобрнауки России № 894 от 07 августа 2020 г.

– на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», направленность (профиль) «Природопользование».

Составитель: _____ д.т.н., проф. О.В. Черемисина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и физической химии от 07.02.2022 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., проф. О.В. Черемисина

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины

- приобретение базовых теоретических знаний в области физико-химического описания и моделирования химико-технологических процессов, предусматривающих обращение с дисперсными системами и использование поверхностных явлений;
- обеспечение подготовки студентов к изучению смежных и специальных дисциплин;
- формирование навыков применения теоретических основ и практических методов исследования и решения профессиональных задач, связанных с выполнением инженерно-химических расчетов коллоидных систем производственно-экологического профиля;
- формирование профессиональной подготовки инженера-эколога для решения проблем охраны окружающей среды, внедрения малоотходных и безотходных технологий, очистки сточных вод и промышленных выбросов с последующей утилизацией улавливаемых отходов, для решения комплексного использования сырья и снижения потребления ресурсов.

Основные задачи дисциплины:

- получение базовых теоретических основ, общих законов и закономерностей, определяющих свойства и устойчивость дисперсных систем, поверхностных явлений;
- формирование представлений в области поверхностных явлений: поверхностного натяжения, смачивания, адсорбции, электрокинетических явлений;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний для определения условий образования и разрушения дисперсных систем, прогнозирования протекания процессов сорбции, электрокинетических явлений;
- приобретение навыков решения экологических проблем использованием коллоидно-химических процессов;
- выявление закономерности седиментации осадков естественного происхождения (минеральных и органических взвесей) и искусственных (производственные загрязнения различной химической природы, разнообразной формы и размеров);
- выявление закономерности нарушения агрегативной и кинетической устойчивости дисперсных систем и необходимости познаний теории стабилизации и коагуляции;
- выявление практической связи с теорией адсорбции из растворов на твердых адсорбентах и на поверхности раствора с воздухом или с другой жидкостью, а также с теорией и практикой эмульгирования, пенообразования и пенной сепарации;
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области технологии обеспечения безопасной и эффективной реализации геотехнологий добычи, переработки твердых полезных ископаемых, экологии и рационального природопользования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Коллоидная химия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», направленность (профиль) подготовки «Природопользование» и изучается в 5 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Коллоидная химия» являются: математика (решение степенных уравнений, понятия о логарифмах).

рифмировании, дифференцировании, анализе функции); физика (электростатика, законы Фарадея, законы идеальных газов); химия (основные понятия и законы, представления о строении вещества и закономерностях протекания химических реакций); аналитическая химия (основные приемы и практический навык выполнения анализа состава веществ методами классического химического анализа); физическая химия (основные понятия термодинамики, кинетики химических реакций).

Дисциплина «Коллоидная химия» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: теоретические основы защиты окружающей среды (6 семестр); Утилизация отходов производства и потребления (8 семестр); Природопользование (6 и 7 семестр); Методы и приборы контроля окружающей среды, и экологический мониторинг (6 семестр).

Особенностью дисциплины является владение базовыми знаниями фундаментальных разделов коллоидной химии в объеме, необходимом для освоения физико-химических основ в экологии и природопользовании; разработки и применения технологий рационального природопользования и охраны окружающей среды; осуществления прогноза техногенного воздействия.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Коллоидная химия» направлен на формирование следующих компетенций.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2	УК-2.1. Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность. УК-2.2. Умеет проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности. УК-2.3. Владеет методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8	УК-8.1. Знает классификацию и источники чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения; причины, признаки и последствия опасностей, способы защиты от чрезвычайных ситуаций; принципы организации безопасности труда на предприятии, технические средства защиты людей в условиях чрезвычайной ситуации. УК-8.2. Умеет поддерживать безопасные условия жизнедеятельности; выявлять признаки, причины и условия возникновения чрезвычайных ситуаций; оценивать вероятность возникновения потенциальной опасности и принимать меры по ее предупреждению. УК-8.3. Владеет методами прогнозирования возникновения опасных или чрезвычайных ситуаций; навыками по применению основных методов защиты в условиях чрезвычайных ситуаций.
Знает основные методы и средства экологического контроля состояния окружающей среды: контактные и неконтактные	ПКС-1	ПКС-1.1. Знает основные методы и средства экологического контроля состояния окружающей среды: контактные и неконтактные

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 академических часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
Аудиторные занятия, в том числе:	34	34
Лекции	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе	38	38
Подготовка к лабораторным работам	38	38
Вид промежуточной аттестации – экзамен	Э(36)	Э(36)
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час	108	108
зач. ед.	3	3

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
1.	Раздел 1 «Классификация, молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем»	10	2	–	2	6
2.	Раздел 2 «Термодинамика дисперсных систем»	14	4	–	2	8
3.	Раздел 3 «Адсорбция»	16	4	–	4	8
4.	Раздел 4 «Электрокинетические явления»	14	4	–	2	8
5.	Раздел 5 «Устойчивость дисперсных систем»	18	3	–	7	8
Итого:		72	17	–	17	38
Подготовка к экзамену:		36				
ИТОГО:		108				

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Классификация, молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем	Классификация дисперсных систем по уровню дисперсности, по фазовому составу и по средству к дисперсионным системам. Лиофильные, лиофобные и лиофилизированные коллоиды. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Диффузия. Турбидиметрические и нефелометрические методы анализа дисперсных систем.	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
2	Термодинамика дисперсных систем	<p>Полезная работа образования дисперсионной фазы и поверхностное натяжение. Сталагмометрический метод измерения поверхностного натяжения и метод подвижной рамки Ленгмюра.</p> <p>Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Работа адгезии и работа когезии. Явления смачиваемости и несмачиваемости.</p> <p>Краевой угол смачивания. Зависимость краевого угла смачивания и работы адгезии. Уравнение Этвеша.</p> <p>Капиллярные явления. Уравнение Лапласа, пенообразователи. Капиллярное поднятие. Уравнение Томсона (Кельвина). Изотермическая перегонка и созревание осадков, уравнение Оствальда.</p>	4
3	Сорбция	<p>Определение величины адсорбции. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса. Адсорбция на поверхности раздела фаз жидкость/газ. Изотерма адсорбции Гиббса. Поверхностная активность веществ. Строение поверхностного слоя. Правило Дюкло – Траубе. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ, уравнение Шишковского. Адсорбция газов. Изотерма полимолекулярной адсорбции БЭТ. Определение удельной поверхности сыпучих материалов. Адсорбция ионов. Образование и строение двойного электрического слоя. Ионообменная адсорбция.</p>	4
4	Электрокинетические явления	<p>Электрокинетический потенциал, его зависимость от ионной силы раствора. Электрокинетические явления: электроосмос, электрофорез, потенциалы течения и седиментации. Определение величины электрокинетического потенциала.</p>	4
5	Устойчивость дисперсных систем	<p>Седиментационная устойчивость дисперсных систем. Уравнение седиментационного равновесия и седиментационный анализ.</p> <p>Расчет предельного размера частиц, устойчивых к оседанию, на основе сочетания уравнений седиментационного равновесия и Эйнштейна – Смолуховского. Агрегативная устойчивость, коагуляция и коалесценция. Электростатический и адсорбционно-сольватный барьеры коагуляции. Действие коагулянтов, уравнение Дерягина. Флокуляция. Мицеллообразование. Пептизация осадков.</p>	3
ИТОГО:			17

4.2.3. Практические (семинарские) занятия

Практические занятия не предусмотрены

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Определение размеров частиц дисперсных систем турбидиметрическим методом	2
2	Раздел 2.	Исследование поверхности раздела фаз: раствор ПАВ - воздух	2
3	Раздел 3.	Исследование молекулярной адсорбции растворенного вещества из растворов на активированном угле	2
4	Раздел 3.	Исследование обменной адсорбции ионов	2
5	Раздел 4.	Получение лиофобных зелей	2
6	Раздел 5.	Определение порога коагуляции	2
7	Раздел 5.	Изучение коагуляции гидрозоль железа	2
8	Раздел 5.	Определение критической концентрации мицеллообразования	3
ИТОГО			17

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного

приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Классификация, молекулярно-кинетические и оптические свойства дисперсных систем

1. Варианты классификации дисперсных систем.
2. Какие теоретические представления составляют основу оптических свойств дисперсных систем?
3. Какие свойства дисперсных систем относят к молекулярно-кинетическим?
4. Каково практическое применение теоретических представлений о молекулярно-кинетических свойствах дисперсных систем?
5. Какие физические параметры коллоидной системы входят в уравнение Эйнштейна-Смолуховского?

Раздел 2. Термодинамика дисперсных систем

1. Что такое поверхностное натяжение, и в каких единицах оно измеряется?
2. Как зависит поверхностное натяжение от природы вещества, образующего поверхность (межмолекулярного взаимодействия)?
3. Какие методы используются для определения поверхностного натяжения жидкостей и твердых тел?
4. Как и почему зависит поверхностное натяжение тел от температуры?
5. Какие меры необходимо принять экологу при образовании ртутного загрязнения в помещении лаборатории?

Раздел 3. Адсорбция

1. Что называется адсорбцией и как количественно ее характеризуют?
2. Напишите фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса и дайте определение физической адсорбции.
3. Какие экспериментальные данные следует иметь в наличии для установления значения константы равновесия процесса адсорбции?
4. Чем отличается адсорбция из растворов от адсорбции газов и паров?
5. От каких факторов зависит эффективность работы хроматографических колонок?

Раздел 4. Электрокинетические явления

1. Какие экспериментальные данные следует получить для установления знака заряда гранулы мицеллы?
2. Каким образом мицеллообразование влияет на растворимость веществ?
3. Каково практическое применение явлений электроосмоса и электрофореза?
4. Каков алгоритм действий для экспериментального установления величины электрокинетического потенциала?
5. Какие параметры влияют на величину электрокинетического потенциала?

Раздел 5. Устойчивость дисперсных систем

1. Какова последовательность действий, необходимых для установления величины порога коагуляции?

2. Каким образом величина электрокинетического потенциала влияет на устойчивость золя?
3. Каково практическое применение метода флокуляции в процессе нейтрализации загрязняющих веществ?
4. Какой процесс называют коагуляцией? Какими способами можно вызвать коагуляцию лиофобной дисперсной системы?
5. Что называют быстрой и медленной коагуляцией? Чем отличаются константы скорости быстрой и медленной коагуляцией?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к экзамену

1. Какую силу называют «внутреннее давление»?
2. От какого параметра зависит величина внутреннего давления?
3. Какую работу надо совершить для образования межфазной поверхности?
4. Какой вид энергии отвечает понятию «поверхностная энергия»?
5. Как определяется толщина поверхностного слоя по методу Гиббса?
6. По какой формуле вычисляют величину работы когезии?
7. Что называют явлением когезии?
8. Что называют явлением адгезии?
9. Работу адгезии необходимо затратить в равновесном изотермическом процессе для чего?
10. Какая математическая запись является уравнением Дюпре?
11. Какая величина описывает интенсивность смачивания?
12. Какая математическая формула является уравнением Юнга?
13. Как соотносится со значением «нуль» величина косинуса краевого угла при помещении капли воды на гидрофильную поверхность?
14. Над поверхностью какой формы давление пара жидкости выше?
15. Какая математическая формулы является уравнением Лапласа–Юнга для поверхности типа сфера?
16. Какая математическая формулы является уравнением Жюрена?
17. Как изменяет величину поверхностного натяжения при молекулярной адсорбции компонент, переходящий в поверхностный слой?
18. Каким уравнением определяется абсолютная величина адсорбции?
19. Каким уравнением определяется величина адсорбции по Гиббсу?
20. В какой концентрационной области справедлива изотерма адсорбции Генри?
21. Как влияет рост температуры процесса на величину адсорбции?
22. От каких параметров молекулы зависит величина предельной адсорбции?
23. Какова формулировка правила Дюкло-Траубе?
24. Какая математическая запись является уравнением Шишковского?
25. Какая математическая формула описывает уравнение Никольского?
26. Что такое ПОЕ?
27. Полная динамическая обменная емкость это что?
28. Какую функциональную группу содержит катионит средней силы?
29. Какие механизмы сорбция поверхностью кристалла принято выделять?
30. Чему равен заряд поверхности при изоэлектрической точке?

31. Каким уравнением связаны произведение растворимости и величина ИЭТ?
32. Где находится плоскость скольжения?
33. Где возникает электрокинетический потенциал?
34. Что называют электроосмосом?
35. Что называют явлением электрофореза?
36. Каким уравнением определяется линейная скорость электроосмоса?
37. Каким уравнением связаны объемная скорость электроосмоса и электрокинетический потенциал?
38. Каким уравнением определяется линейная скорость электрофореза?
39. Каким уравнением определяется величина среднего сдвига частицы?
40. Какое уравнение связывает величину коэффициента диффузии с размерами диффундирующих частиц?
41. По какой формуле вычисляют средний размер частиц?
42. Чем обусловлена седиментационная устойчивость золя?
43. Каким уравнением определяется скорость движения частицы при седиментации?
44. Какова математическая запись условия седиментационной устойчивости системы?
45. Какие ионы вызывают коагуляцию?
46. Какова математическая запись правила Шульце-Гарди?
47. По какой формуле вычисляют величину порога коагуляции?
48. Какая математическая запись является уравнением Релея?
49. По какой формуле, согласно уравнению Релея, вычисляют радиус частицы при известном показателе мутности?
50. Каково уравнение Бугера-Ламберта-Бера для турбидиметрического анализа?
51. По какой формуле рассчитывают размер частиц, определяемый при помощи ультрамикроскопа?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
Вариант 1		
1.	Какой из перечисленных признаков НЕ описывает дисперсные системы?	1. Составляющие находятся в разных фазах 2. Одна из фаз диспергирована в другой, сплошной, фазе 3. Большая поверхность раздела фаз 4. Дисперсионная фаза обязательно твердое вещество
2.	Какое из предложенных значений соответствует размеру частиц дисперсной фазы коллоидной системы?	1. Более 10^{-6} м 2. От 10^{-3} до 10^{-5} см 3. Менее 10^{-7} см 4. От 0,1 до 10^{-3} мк
3.	Какая из предложенных типов функций описывает связь поверхностного натяжения от температуры для неполярных жидкостей?	1. Гармоническая функция 2. Обратная пропорциональность 3. Линейная зависимость 4. Экспоненциальная зависимость

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Какое из предложенных выражений описывает понятие «толщина поверхностного слоя» согласно методу слоя конечной толщины?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расстояние по обе стороны от поверхности раздела фаз, за пределами которого свойства фазы перестают отличаться от свойств объемных фаз 2. Поверхностный слой не имеет толщины 3. Поверхностный слой имеет толщину в несколько молекул 4. Поверхностный слой имеет толщину листа бумаги
5.	Какое из предложенных выражений является условием самопроизвольности процесса на поверхности раздела фаз?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma ds_{1,2} - s_{1,2}d\sigma < 0$ 2. $ds_{1,2} + d\sigma < 0$ 3. $\sigma ds_{1,2} + s_{1,2}d\sigma < 0$ 4. $\sigma + s_{1,2}d\sigma < 0$
6.	Какое из предложенных явлений способствует росту работы адгезии?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Только увеличение поверхностного натяжения 2. Уменьшение поверхностного натяжения 3. Увеличение поверхностного натяжения и снижение конечного межфазного натяжения 4. Увеличение конечного межфазного натяжения
7.	В какой из перечисленных ситуаций давление пара жидкости будет выше?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Над выпуклой поверхностью 2. Над ровной поверхностью 3. Над вогнутой поверхностью 4. Над сферической поверхностью
8.	Какое из предложенных выражений является формулировкой правила Дюкло и Траубе?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхностная активность в водных растворах возрастает в 10 раз при удлинении углеводородной цепи на 1 CH_2- группу 2. Поверхностная активность в водных растворах возрастает в 3-3,5 раза при удлинении углеводородной цепи на 1 CH_2- группу 3. Поверхностная активность в водных растворах уменьшается в 3-3,5 раза при удлинении углеводородной цепи на 1 CH_2- группу 4. Поверхностная активность в водных растворах возрастает в 10 раз при удлинении углеводородной цепи на 1 CH_2- группу
9.	Какое из предложенных выражений является уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\Gamma = \Gamma_{\infty} + \frac{KC}{1 + KC}$ 2. $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{KC}{1 + KC}$ 3. $\Gamma = KC$ 4. $\Gamma = \Gamma_{\infty} - \frac{KC}{1 + KC}$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	Какое из предложенных выражений не относится к основным положениям теории БЭТ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Адсорбция идет на активных, энергетически равноценных центрах 2. Каждая молекула предыдущего слоя – активный центр для последующего слоя 3. Свойства всех адсорбционных слоев одинаковы 4. Адсорбированная фаза – совокупность адсорбционных комплексов
11.	Какое из предложенных выражений является определением ПОЕ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Число эквивалентов ионов, поглощенных 1 кг ионита до появления ионов на выходе из колонки 2. Число эквивалентов ионов, поглощенных 1 кг ионита до выравнивания концентрации раствора на входе и на выходе из колонки 3. Число молей ионов, поглощенных 1 кг ионита до выравнивания концентрации раствора на входе и на выходе из колонки 4. Число молей ионов, поглощенных 1 кг ионита до появления ионов на выходе из колонки
12.	Что из предложенного описывают величиной ПДОЕ и ДОЕ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ёмкость в мг-экв на 1 л 2. Объем раствора, соответствующий половине исходной концентрации 3. Диффузию сорбирующихся веществ к поверхности сорбента через «пленку» прилегающей к ней жидкой или газовой фазы 4. Эффективность применения данного ионита при проведении процесса сорбционного извлечения металлов в колонках
13.	В какой из описанных ситуаций алюминий можно извлечь из раствора с применением анионообменных смол?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Из сильноокислого раствора 2. В нейтральной среде 3. Из слабоокислого раствора 4. После добавления в раствор фторидов
14.	Что из предложенного следует применить для извлечения никеля и кобальта из пульп аммиачного выщелачивания руд?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слабоосновный анионит 2. Сильноосновный анионит 3. Сильнокислотный катионит в Н-форме 4. Слабокислотный катионит в NH₄-форме
15.	Каким образом меняется коэффициент распределения металлов при сорбции сильноокислотными смолами при снижении рН раствора от 7 до 1?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышается 2. Снижается 3. Не изменяется 4. Имеет максимум
16.	Что из предложенного следует применить для извлечения из воды нафтената меди?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильный катионит 2. Сильный анионит 3. Активированный уголь 4. Алабый анионит

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
17.	Что из предложенного будет являться потенциалопределяющим ионом на границе раздела фаз сфалерит (ZnS) – раствор, содержащий указанные в вариантах ответа ионы?	1. SO_4^{2-} 2. Ca^{2+} 3. Cu^{2+} 4. Na^+
18.	Какое из предложенных выражений описывает местонахождение плоскости скольжения в структуре мицеллы?	1. На границе слоя противоионов и слоя потенциалопределяющих ионов 2. На границе слоя противоионов 3. В области диффузного слоя 4. На границе плотного и диффузного слоев противоионов
19.	Какое из предложенных выражений описывает явление электроосмоса?	1. Перемещение жидкости относительно дисперсной фазы в электрическом поле 2. Перемещение дисперсной фазы в неподвижной среде под действием электрического поля 3. Возникновение потенциала при фильтровании раствора 4. Возникновение потенциала при оседании частиц дисперсной фазы
20.	Какое из предложенных выражений объясняет седиментационную устойчивость золя?	1. Мала скорость диффузии частиц 2. Мал электрокинетический потенциал частиц 3. Скорость диффузии больше скорости оседания частиц 4. Отсутствует двойной электрический слой
Вариант 2		
1.	Как изменяется величина удельной поверхности при увеличении дисперсности?	1. Уменьшается пропорционально 2. Увеличивается пропорционально 3. Увеличивается в геометрической зависимости 4. Уменьшается, т.к. уменьшается размер частиц
2.	Какое из предложенных выражений описывает понятие «внутреннее давление»?	1. Сила, направленная внутрь более концентрированной фазы 2. Сила, направленная на выравнивание плотности 3. Сила, действующая против сил тяжести 4. Сила, направленная внутрь более конденсированной фазы
3.	Какое из предложенных выражений описывает понятие «поверхностная энергия» по методу избыточных величин Гиббса?	1. Энергия, которая сосредоточена в геометрической поверхности раздела фаз 2. Энергия, которая сосредоточена в поверхностном слое, толщиной в несколько молекул 3. Энергия, которая убывает по экспоненте от границы поверхности раздела фаз 4. Энергия, которая увеличивается по мере удаления от поверхности раздела фаз

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Какой из перечисленных признаков справедлив для характеристики компонента, который будет преимущественно переходить в поверхностный слой при химической адсорбции?	1. Химически взаимодействует с поверхностью вещества 2. Повышает поверхностное натяжение 3. Понижает поверхностное натяжение 4. Уменьшает поверхность раздела фаз
5.	Какое из предложенных выражений является уравнением Этвеша?	1. $\sigma = \frac{K(T_{кр} - T)}{V_M^3}$ 2. $\sigma = \frac{K(T_{кр} - T)}{V_M^{2/3}}$ 3. $\sigma = \frac{K(T_{кр} + T)}{V_M^{2/3}}$ 4. $\sigma = \frac{K(T_{кр} + T)}{V}$
6.	Какое из предложенных выражений является описанием работы когезии (в равновесном изотермическом процессе)?	1. Работа, которую необходимо затратить на отрыв друг от друга твердой и жидкой фаз по площади 1 м ² 2. Работа, которую необходимо затратить на разрыв двух жидких фаз по единичной площади поверхности раздела фаз 3. Работа, которую необходимо затратить на отрыв 1 моль жидкой фазы от 1 моль твердой фазы 4. Работа, которую необходимо затратить на разрыв одной жидкой фазы по сечению площадью 1 м ²
7.	Какое из предложенных выражений является уравнением Юнга?	1. $\cos \theta = \frac{\sigma_{m/z} - \sigma_{ж/z}}{\sigma_{m/ж}}$ 2. $\cos \theta = \frac{\sigma_{m/z} - \sigma_{m/ж}}{\sigma_{ж/z}}$ 3. $\cos \theta = \frac{\sigma_{m/z} + \sigma_{ж/z}}{\sigma_{m/ж}}$ 4. $\cos \theta = \frac{\sigma_{m/z}}{\sigma_{m/ж}}$
8.	Какое из предложенных выражений является уравнением Шишковского?	1. $\sigma = \sigma_0 + a \ln(1 + KC)$ 2. $\sigma = \sigma_0 - \Gamma_{\infty} RT \ln(1 + KC)$ 3. $\sigma = \sigma_0 - a \ln(KC)$ 4. $\sigma = a \ln(1 + KC)$
9.	Для какой из предложенных зависимостей по величине углового коэффициента определяют значение константы адсорбционного равновесия?	1. $C/\Gamma = f(1/C)$ 2. $C/\Gamma = f(C)$ 3. $1/\Gamma = f(1/C)$ 4. $\Gamma = f(\ln C)$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	Какое из предложенных выражений описывает физический смысл коэффициента «x» в уравнении изотермы БЭТ: $\Gamma = A_0 \frac{x C}{(1-x)^2}$?	1. Константа адсорбционного равновесия 2. Предельная адсорбция 3. Число активных центров 4. Относительное давление
11.	Как соотносятся между собой величины ПОЕ и СОЕ?	1. Значение СОЕ меньше полной обменной емкости 2. Значение СОЕ больше полной обменной емкости 3. Значение СОЕ равно значению полной обменной емкости 4. Значение СОЕ равно емкости до проскока
12.	Какая из предложенных формул служит для расчёта ДОЕ по выходной кривой сорбции?	1. $ДОЕ = \frac{CV}{mn}$ 2. $ДОЕ = \frac{C_0 V_D}{m}$ 3. $ДОЕ = \frac{C_0 V_M}{m}$ 4. $ДОЕ = \frac{V_D}{m}$
13.	Какая из перечисленных функциональных групп входит в состав слабокислотного ионита?	1. Гидроксильная 2. Карбоксильная 3. Силанольная 4. Аминогруппа
14.	Какой из предложенных реагентов следует применить для десорбции меди после сорбции на катионите?	1. Аммиак 2. Оксалат аммония 3. Щелочь 4. Вода
15.	Какой из предложенных реагентов следует применить для регенерации анионита?	1. Кислота 2. Спирт 3. Щелочь 4. Вода
16.	В какой ситуации можно извлечь алюминий из раствора путём сорбции на анионите?	1. Из сильнокислого раствора 2. В нейтральной среде 3. Из слабокислого раствора 4. После добавления в раствор фторидов
17.	По какому механизму протекает адсорбция катионов Ba^{2+} на поверхности ангидрита $CaSO_4$?	1. Достройка кристаллической решетки 2. Образование труднорастворимого поверхностного соединения 3. Ионный обмен 4. Вторичная адсорбция в слое Штерна
18.	Какой из перечисленных факторов НЕ влияет на величину электрокинетического потенциала?	1. Толщина диффузного слоя 2. Вязкость среды 3. Постоянная Фарадея 4. pH

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Какие из перечисленных частиц в нейтральной жесткой воде будут перемещаться к положительному полюсу?	1. Касситерит SnO_2 2. Кальцит CaCO_3 3. Гидраргиллит $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{pH}(\text{ИЭТ}) = 8,1$ 4. Ангидрит CaSO_4
20.	По какой из причин избыток флокулянта повышает устойчивость коллоида?	1. Перезарядки поверхности частиц 2. Образование «мостиков» между частицами 3. Образование адсорбционно-сольватного барьера 4. Сверхэквивалентная адсорбция
Вариант 3		
1.	Как называют дисперсную систему жидкость – жидкость?	1. Золь 2. Гель 3. Взвесь 4. Эмульсия
2.	Какое из предложенных выражений описывает понятие «поверхностная энергия»?	1. Энергия, затраченная на преодоление силы внутреннего давления 2. Энергия, полученная от сил внутреннего давления 3. Энергия, зависящая от толщины поверхностного слоя 4. Внутренняя энергия молекул поверхности
3.	Какое из предложенных выражений описывает явление адгезии?	1. Взаимодействие молекул между твердой и жидкой фазами 2. Взаимодействие молекул внутри одной фазы 3. Взаимодействие молекул между конденсированными фазами 4. Прилипание одного предмета к другому
4.	Какое из предложенных выражений описывает понятие «поверхностное натяжение»?	1. Работа, которую нужно совершить, чтобы образовать 1 м^3 поверхности 2. Работа, которую нужно совершить, чтобы увеличить поверхность на 1 м^2 в необратимом процессе 3. Работа, которую нужно совершить, чтобы увеличить поверхность на 1 м^2 в обратимом процессе 4. Работа, которую нужно совершить, чтобы уменьшить внутреннее давление в два раза
5.	Какое из предложенных выражений является формулой, описывающей поверхностную активность?	1. $\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial c}\right)_{T,p}$ 2. $-\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial c}\right)_{T,p}$ 3. $\left(\frac{\partial \sigma}{\partial c}\right)_{c \rightarrow 0}$ 4. $-\left(\frac{\partial \sigma}{\partial c}\right)_{c \rightarrow 0}$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
6.	Какое из приведенных выражений описывает жидкость, которая будет лучше смачивать твёрдую поверхность при прочих равных условиях?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Меньше поверхностное натяжение 2. Меньше поверхностная активность 3. Больше полярность 4. Есть водородные связи
7.	От какого из приведенных параметров зависит величина предельной адсорбции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина углеводородного радикала 2. Концентрация 3. Величина поверхностной активности 4. Строение функциональной группы
8.	Для какой из перечисленных ситуаций справедлив закон Генри?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разбавленный раствор 2. Концентрированный раствор 3. Идеальный раствор 4. Раствор газа
9.	Какое из высказываний НЕ относится к особенностям адсорбции газов на твердом носителе?	<ol style="list-style-type: none"> 1. поверхность не однородна 2. адсорбция идет на «активных центрах» 3. адсорбция – необратимый химический процесс 4. с увеличением температуры физическая адсорбция уменьшается
10.	Что показывает «выходная кривая» сорбции?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объем раствора, соответствующий половине исходной концентрации 2. Зависимость концентрации обменивающихся ионов в фильтрате после сорбции от объема пропущенного раствора 3. Диффузию вещества к поверхности сорбента через «пленку» прилегающей к ней жидкой или газовой фазы 4. Ёмкость в мг-экв на 1 л
11.	Какое из предложенных выражений описывает ионит?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Твердое вещество, содержащее ионы, способные к ионному обмену на ионы раствора того же знака заряда 2. Твердое вещество, содержащее функциональные группы, способные к ионному обмену на ионы раствора противоположного знака заряда 3. Твердое вещество, содержащее функциональные группы, способные к ионному обмену на ионы раствора того же знака заряда 4. Твердое вещество, содержащее функциональные группы, способные к ионному обмену того же знака заряда
12.	Какую функциональную группу содержат сильноосновные аниониты?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Силанольная 2. Аминогруппа 3. Катион четвертичного «ониевого» основания 4. Гидроксильная

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
13.	При каком рН раствора для карбоксильных смол наблюдается максимальная сорбция?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Близкое к рН гидратообразования соответствующих металлов 2. Любое 3. Больше рН гидратообразования соответствующих металлов 4. Меньше рН гидратообразования соответствующих металлов
14.	Каково влияние температуры на установление ионообменного равновесия?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большое 2. Ускоряет процесс в 2-4 раза 3. Невелико 4. Имеет максимум
15.	Какой сорбент следует применить для сорбции изопропилового спирта из водного раствора?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильноосновный катионит 2. Сильнокислотный анионит 3. Слабоосновный катионит 4. Силикагель
16.	Какое из выражений не относится к свойствам/характеристике потенциалопределяющих ионов?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Находятся на поверхности кристалла 2. Определяют заряд гранулы 3. Определяют знак дзета-потенциала 4. Находятся в слое Штерна
17.	Какое из предложенных выражений является уравнением Никольского?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K = -\frac{\Gamma_2 a_1}{\Gamma_1 a_2}$ 2. $K = \frac{\Gamma_2 a_1}{\Gamma_1 a_2}$ 3. $K = \frac{\Gamma_\infty}{\Gamma_1 a_2}$ 4. $K = \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1}$
18.	Что происходит при добавлении избытка неиндифферентного электролита, содержащего потенциалопределяющие ионы противоположного знака?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рост электрокинетического потенциала 2. Перезарядка поверхности 3. Ничего не происходит 4. Исчезновение ДЭС
19.	Какой из реагентов наиболее эффективно вызывает коагуляцию золя глины?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сульфат натрия 2. Хлорид натрия 3. Хлорид алюминия 4. Ацетон
20.	Какое из выражений описывает отличие коллоидного раствора от истинного раствора?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мутный в проходящем свете 2. Опалесцирует в рассеянном свете 3. Опалесцирует в проходящем свете 4. Устойчив во времени

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Шкала оценивания знаний в тестовой форме

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Учебник. 4-е изд., испр. и доп. СПб.: «Лань». 2021. 416 с. <https://www.litres.ru/d-fridrihsberg/kurs-kolloidnoy-himii-66011393/>
2. Гельфман М.И. Коллоидная химия. Учебник / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. СПб.: «Лань». 2017. 336 с. <https://e.lanbook.com/book/91307>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Яковлева А.А. Коллоидная химия. Учебное пособие для вузов. 2 издание, исправленное и дополненное. М.: «Юрайт». 2017. 2019 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/23DE9706-D989-4971-B9EE-FE191939881E#page/2>
2. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. Учебник для академического бакалавриата. 7 издание, исправленное и дополненное / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. М.: «Юрайт». 2017. 444 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/DAA9C0A4-CAC2-4226-9134-D0B7CBA3D2B7#page/2>
3. Зимон А.Д. Коллоидная химия. Учебник для вузов. 4-е издание, исправленное и дополненное. М.: «Агар». 2003. 318 с. http://www.studmed.ru/zimon-ad-fizicheskaya-himiya-uchebnik-dlya-vuzov_261fe4210a0.html
4. Липин А.Б., Воронин Н.Н. Коллоидная химия. Сборник задач. СПб., СПГГИ. 2002. 89 с. http://www.studmed.ru/voronin-nn-i-dr-kolloidnaya-himiya-sbornik-zadach_d0bee412f27.html

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Коллоидная химия: Методические указания к лабораторным работам/ Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: О.В. Черемисина, В.В. Сергеев. СПб, 2020. 50 с.
2. Коллоидная химия: Методические указания для самостоятельной работы/ Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: О.В. Черемисина, Д.С. Луцкий. СПб, 2020. 64 с.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»; www.garant.ru
2. Справочно-поисковая система Консультант Плюс; www.consultant.ru/
3. Электронно-библиотечная система «Лань»; <https://e.lanbook.com/books>
4. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»; <http://znanium.com>
5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»; <http://biblioclub.ru>
6. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»; <http://www.bibliocomplectator.ru>
7. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
8. Термические константы веществ. Электронная база данных. <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl>
9. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
10. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Оснащенность помещений для лабораторных работ

Лабораторный практикум выполняют в комплексной учебной лаборатории факультета переработки минерального сырья (Учебный центр № 1), оснащенной оборудованием, ре-

активами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Коллоидная химия».

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) – 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).