

**ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ОСАДОЧНЫХ  
ОБРАЗОВАНИЙ»**

**Рекомендуется для направления подготовки  
020700 «Геология», магистерская программа «Литология» и  
магистерская программа «Морская геология»**

Квалификация (степень) выпускника – магистр геологии

## **DISCIPLINE PLAN**

**"Genetical mineralogy of the sedimentary formations"**  
**Recommended for the prepare direction 020700 "Geology",**  
Profile "Geology and minerals"

Qualification (grade) of the gradient Magister

Author:  
professor O.V. Yapaskurt

## 1. Цель и задачи освоения учебной дисциплины

**Целью** освоения дисциплины «Генетическая минералогия осадочных образований» является наращивание знаний, приобретенных учащимися прежде, по базовым дисциплинам бакалавриата профиля Геология и полезные ископаемые путем овладения новыми знаниями о процессах формирования минеральных сообществ осадочных горных пород на разных стадиях их зарождения и геологического бытия и овладения информацией о типоморфизме осадочно-породных минеральных компонентов как индикаторов физико-химических и термобарических условий среды осадконакопления и породообразования теперь и в далеком геологическом прошлом.

В перечень **задач** дисциплины входят:

- систематизация и углубление знаний, полученных в курсе бакалавриата «Минералогия», применительно к минералам: группы кремнезема (кварц, халцедон, опал), плагиоклазам, калишпатам, слоистым, цепочечным и островным силикатам, глинистым минералам – с акцентами внимания к их изоморфизму, полиморфизму, и другим типоморфным особенностям в определенной связи с **pH**, **Eh** и термобарическими режимами их формирования;
- усвоение отличий классической минералогии от данного курса, типизирующего минералы по признакам способов их участия в осадочном процессе и рассматривающего их в неразрывной связи с формациями, фациями и генетическими типами осадков, возникших из этих осадков горных пород;
- знания о минералах – донорах веществ для постседиментационного литогенеза;
- знания о минералах приспособленцах к **pH-Eh** условиям седиментогенеза, диагенеза и последиагенетических стадий осадочного процесса (включая **P-T** режимы): глинистые минералы и цеолиты;
- знания о минералах-долгожителях, наследниках исходных магматических, метаморфических и осадочных источников мобилизации седиментогенных веществ: кварц, альбит, мусковит, циркон, рутил, сфен, апатит и др;
- знания о минеральных аллотигенных парагенезах, как индикаторах геодинамических условий осадконакопления и породообразования;
- знания о минералах индикаторах влияния вулканизма на седиментацию в континентах и океанской пелагиали;
- знания о стадийности аутигенного минералообразования при стратиформном рудогенезе.

## 1. The purpose and problems of mastering the study discipline

**The purpose of** the mastering the discipline "Genetical mineralogy of the sedimentary formations" is the increase of the knowledge, occurred by students before on the basic disciplines of baccalaureate profile Geology and minerals by owning new knowledge about the process of forming the mineral communities of sedimentary rocks on the different stages of their conceiving and geological being and owning the information about the typomorphism of sedimentary-rock mineral components as the indicators of physically-chemical and thermobaric conditions of environments of sedimentation and rock formation nowadays and in the far geological past.

The list of the discipline **purposes** include:

- systematization and deepening the knowledge, occurred in the bachelor course "Mineralogy", applied to the minerals: of the siliceous group (quartz, chalcedony, opal), plagioclases, potassium feldspars, slaty, chained and island silicates, clay minerals - with the accent of attention to their isomorphism, polymorphism and other typomorphic features in a definite connection with **pH, Eh** and thermobaric regimes of their formation;
- obtaining the differences between classical mineralogy and these course, which does typify minerals according to the features of the ways of their participating in the sedimentary process and observing them in the inseverable connection with formations, facies and genetical types of sediments, aroused of these sediments of rocks;
- knowledge about minerals-donors of the substances for the after-sedimentation lithogenesis;
- knowledge about minerals adapted to **pH-eH** conditions of sedimentogenesis, diagenesis and after-diagenetical phases of sedimentary process (including **P-T** regimes): clay minerals and zeolites;
- knowledge about long-living minerals, successors of the source magmatic, metamorphic and sedimentary sources of mobilization of sedimentogenical substances: quartz, albite, muscovite, zircon, rutile, sphene, apatite, etc.
- knowledge about the minerals-indicators of the influence of volcanism on the sedimentation on continents and oceanic pelagic region;
- knowledge about the vicissitude of the authigenic mineral formation while the stratiform ore genesis.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Вариативная часть Блока профильной подготовки **В,Г** в составе дисциплин двух Магистерских программ: Литология и Морская геология по Направлению 020700 Геология. Базируется на знании предшествующих дисциплин: «Литология», «Учение о фациях и палеогеография» и «Стадиальный анализ литогенеза» и «Учение о геологических осадочных формациях» (Примерные программы Направления 020700 Геология, квалификация выпускников Бакалавр геологии). Курс необходим для усвоения дисциплин профильной подготовки тех же магистерских программ: «Геохимия осадочного процесса», «Осадконакопление в океане», «Современные осадочные бассейны», «Эндогенный и экзогенный рудогенез и его эволюция в истории Земли и «Системный анализ литогенетических процессов».

## **2. The place of the discipline in the OOP magister structure**

The variative part of the unit of profiled prepare **V,G** in a composition of disciplines of two Magister programs: Lithology and Sea geology according to the direction 020700 Geology. Based on the knowledge of the previous disciplines: "Lithology", "The study about facies and paleogeography" and "The vicissitude analysis of lithogenesis" and "The study of the geological sedimentary formations" (The example programs of Direction 020700 Geological, graduate qualification is the Bachelor of Geology). The course is necessary for obtaining the profiled prepare of disciplines of the same magister programs: "Geochemistry of the sedimental process", "Sediments occur in the ocean", "Modern sedimentary basins", "Endogenic and exogenic ore genesis and its evolution in the Earth history and "The system analysis of lithogenetical processes".

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины «Системный анализ литогенетических процессов» направлен на формирование элементов следующих компетенций:

### **- универсальные, в том числе:**

#### *а) общенаучные:*

– способность анализировать и оценивать философские проблемы при решении профессиональных задач (М-ОНК-1);

#### *б) инструментальные:*

– владение иностранным языком в устной и письменной форме для осуществления коммуникаций в учебной, научной, профессиональной и социально-культурной сферах общения: владение терминологией специальности на иностранном языке: умение готовить публикации, проводить презентации, вести дискуссии и защищать представленную работу на иностранном языке (М-ИК-1);

*в) системные:*

– способность к творчеству, порождению инновационных идей, выдвижению самостоятельных гипотез (М-СК-1);

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (М-СК-2);

– способность к самостоятельному обучению и разработке новых методов исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля деятельности; к инновационной научно-образовательной деятельности (М-СК-3);

**- профессиональные, в том числе:**

*общепрофессиональными, обязательными для всех профилей подготовки (в соответствии с видами деятельности):*

*научно-исследовательская деятельность:*

способность самостоятельно осуществлять сбор геологической информации, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных исследований (ПК-1);

способность глубоко осмысливать и формировать диагностические решения проблем геологии путем интеграции фундаментальных разделов геологии и специализированных геологических знаний (ПК-2);

способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с помощью современной аппаратуры с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);

готовность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в составлении отчетов, рефератов, библиографий и обзоров по тематике научных исследований, в подготовке докладов и публикаций (ПК-4);

*производственно-технологическая деятельность:*

– способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов геологических исследований при решении научно-производственных задач (ПК-7);

– способность свободно и творчески пользоваться современными методами обработки и интерпретации комплексной геологической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (ПК-11);

*организационно-управленческая деятельность:*

– готовность участвовать в организации научных и научно-практических семинаров и конференций (ПК-14);

*проектная деятельность:*

– готовность к проектированию комплексных научно-исследовательских и научно- производственных геологических работ (ПК-17);

*научно-педагогическая деятельность:*

– способность участвовать в руководстве научно-учебной работой студентов и школьников в области геологии (ПК-18);

*профильно-специализированными:*

– способность использовать профильно-специализированные знания в области геологии для решения научных и практических задач (ПК-21);

– способность использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии для освоения теоретических основ геологии (ПК-22).

В результате освоения дисциплины «Генетическая минералогия осадочных образований» обучающийся должен:

Знать: генетические признаки минеральных осадочно-природных компонентов, параметры зоны осадкообразования и стратисферы, стадии и формы седименто- и литогенеза, современные аспекты и методы исследования типоморфизма аллотигенных и аутигенных минералов и стадийного анализа последовательности их формирования.

Уметь: осуществлять макро- и микроскопическое описание осадочных образований с определением вещественного состава, структурно-текстурных свойств пород с расшифровкой генетической природы аллотигенных и аутигенных компонентов, этапность формирования их парагенетических ассоциаций в осадочной породе.

Владеть: навыками первичной обработки полевого материала, методикой проведения лабораторных исследований минерального вещества осадочных пород, основами выполнения литолого-фациального, формационного и стадийного анализов, палеогеографических реконструкций с определением древних обстановок седиментации и питающих провинций осадочных бассейнов.

### **3. Requirements to the results of mastering the discipline**

The process of mastering the discipline is directed to the formation of elements of the following competencies:

**Universal competencies:**

a) general science:

the ability to analyze and estimate philosophical issues to solve social and professional problems;

b) system:

creativity, the generation of innovative ideas, the nomination of independent hypotheses ;

ability for the search, critical analysis, generalization and systematization of scientific information, to the formulation of the study purpose and choice of optimal ways and methods of their achievement;

**Professional competencies:**

ability to deeply comprehend and generate diagnostic decisions of problems of Geology integrating fundamental branches of Geology, Geophysics, Geochemistry, Hydrogeology and engineering Geology, Geology of fossil fuels, environmental Geology (in accordance with the magister program specialization) and specialized geological knowledge;

ability to independently set specific research tasks in Geology, Geophysics, Geochemistry, Hydrogeology and engineering Geology, Geology of fossil fuels, environmental Geology (in accordance with the magister program specialization) and solve them with means of modern facilities, equipment, information technology, with the latest national and international experience;

the ability to use profile and specialized knowledge in the fields of Geology, Geophysics, Geochemistry, Hydrogeology and engineering Geology, Geology and Geochemistry of fossil fuels, environmental Geology to solve scientific and practical problems (in accordance with the magister program specialization);

the ability to freely and creatively use the modern methods of processing and interpretation of complex geological, geophysical, geochemical, hydrogeological, geotechnical, geocryological, oil and gas and environmental geological information (in accordance with the magister program specialization) to solve scientific and practical problems, including those beyond the immediate sphere of activity;

the ability to independently make and present projects of scientific-research and scientific-production Geology, Geophysics, Geochemistry, Hydrogeology and engineering Geology, Geology and Geochemistry of fossil fuels, environmental Geology works (in accordance with the magister program specialization);

readiness for the design of complex scientific-research and scientific-industrial geological works to solve problems of Geology integrating fundamental branches of Geology, Geophysics, Geochemistry, Hydrogeology and engineering Geology, Geology of fossil fuels, environmental Geology (in accordance with the master program specialization);

the ability to participate in tutoring of the scientific and educational work of students and pupils in the sphere of Geology;

ability to conduct seminars, laboratory and practical classes on special subjects .

As a result of mastering the discipline student have to:

As a result of mastering the discipline "Genetical mineralogy of the sedimentary formations" student have to:

Know: genetical signs of mineral sedimentary-natural components, parameters of the zone of sediment formation and stratisphere, stadia and forms of sedimentogenesis and litogenesis, modern aspects and methods of research of the typomorphism of allogenic and autogenic minerals and vicissitude analysis of their formation order.

Be able to: realize macro- and microscopic description of sedimentary formations including determination of its material composition, structurally-textural features of rocks with deciphering of the genetical nature of allotigenic and autogenic components, the phasing of forming their paragenetical associations in a sedimentary rock.

Master: skills of the basic processing of the field material, methodic of holding laboratory researches of mineral substance of sedimentary rocks, the bases of making the lithology-facial, formational and vicissitude analysis, paleogeographical reconstructions with the determination of the ancient sedimentation environment and nourish provincials of the sedimentary basins.

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины «Генетическая минералогия осадочных образований» составляет 3 зачетных единиц, или 108 часов.

##### **4.1. Структура преподавания дисциплины**

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля (по неделям)
				Лекции	Лабораторные занятия	Семинары	Самостоятельная раб. студ.	
1.	Введение	9	1	2			2	Собеседование
2.	История изучаемой дисциплины	9	1	2			2	Собеседование
3.	Диагностические признаки генезиса породообразующих минеральных компонентов и принципы обособления минеральных групп – участников осадочного процесса	9	2	2				Собеседование
4.	Минералы-доноры в осадочном процессе	9	3	6			6	Собеседование
5.	Минералы-долгожители, наследники исходных пород-источников мобилизации седиментогенных веществ и свидетели ранних этапов осадочного процесса	9	3-4	10			24	Прием практических заданий Собеседование
6.	Глинистые минералы-приспособленцы к условиям седиментогенеза, диагенеза и последиагенетических стадий осадочного процесса	9	5-7	2			36	Прием практических заданий Собеседование
7.	Цеолиты-индикаторы щелочных обстановок седиментогенеза, диагенеза и роста термодинамических факторов ката- и метагенеза	9	7	2			14	Собеседование
8.	Фосфаты, хлориды, сульфаты, сульфиды. Краткие обзоры	9	8	2			4	Собеседование
9.	Минеральные парагенезы терригенных комплексов как индикаторы геодинамических условий осадконакопления и породообразования (по В.Д. Шутову)	9	9-10	4			6	Прием практических заданий
10.	Опыт комплексных литолого-фациальных и стадияльно-минералогических исследований минеральных парагенезов аркозов и граувакк верхоянского комплекса (по О.В. Япаскурту)	9	10	2			4	Собеседование

11.	Индикаторные признаки слюд и хлоритов песчаных и глинистых пород в оценках стадий их катагенетических и раннеметаморфических изменений	9	11	2			2	Собеседование
12.	Минеральные индикаторы влияния вулканизма на седиментацию в континенте и океанской пелагиали	9	12	4			2	Прием практических заданий Собеседование
13.	Генетическая минералогия рудоносных осадочных комплексов	9	13	2			2	Собеседование
14.	Заключение	9	14	2			-	Собеседование
	Всего часов			42			102	Экзамен

#### 4. Structure and content of the discipline.

The whole laboriousness of the discipline "Genetical mineralogy of the sedimentary formations" composes 3 offset units or 108 hours.

##### 4.1. Discipline structure

№/ №	The section of the discipline	Semester	Week of the semester	Types of the study work, including students independent work and laboriousness (in hours)				Types of the current control (per week)
				Lectons	Laboratory classes	Seminars	Student independent work	
1.	Introduction	9	1	2			2	Colloquium
2.	The history of investigated discipline	9	1	2			2	Colloquium
3.	Diagnosical signs of genesis of rock forming mineral components and principals of separation of mineral groups - participants of sedimentary process	9	2	2				Colloquium
4.	Minerals-donors in the	9	3	6			6	Colloquium

	sedimentary process							
5.	Minerals-long-livers, successors of the basic rocks-sources of mobilization of sedimentogenical substances and witnesses of the early phases of sedimental process	9	3-4	10			24	Collecting the practicum tasks Colloquium
6.	Clay minerals-adapted to the conditions of sedimentogenesis, diagenesis and late-diagenetical phases of sedimental process	9	5-7	2			36	Collecting the practicum tasks Colloquium
7.	Zeolites-indicators of alkaline environments of sedimentogenesis, diagenesis and increase of thermodynamic factors of cata- and metagenesis	9	7	2			14	Colloquium
8.	Phosphates, chlorides, sulfates, sulfides. Short overviews	9	8	2			4	Colloquium
9.	Mineral paragenesis of terrigenic complexes as indicators of geodynamical conditions of sedimentation and rock formation (by V.D. Shutov)	9	9-10	4			6	Collecting the practicum tasks
10.	Experience of complex lithology-facial and vicissitude-mineralogical researches of mineral	9	10	2			4	Colloquium

	paragenesis of arkoses and greywacke verchoyansky complexes (by O.V. Yapaskurt)							
11.	Indicator signs of micas and chlorides of the sandy and coaly rocks in the marks of the phases of their catagenetic and early-metamorphic changes	9	11	2			2	Colloquium
12.	Mineral indicators of volcanism influence on sedimentation in a continent and ocean pelagic region	9	12	4			2	Collecting the practicum tasks Colloquium
13.	Genetical mineralogy of ore-bearing sedimental complexes	9	13	2			2	Colloquium
14.	Conclusion	9	14	2			-	Colloquium
	Hours at all			42				Exam

#### 4.2. Содержание дисциплины

**Введение.** Осадочные горные породы, которые образуются на земной поверхности, в *седиментосфере* и сформировали самую верхнюю (из твердых) оболочку Земли, или *стратисферу*, находясь внутри которой, постоянно подвергаются вещественно-структурным изменениям под воздействием термобарических и флюидно-водородных факторов – состоят из закономерно сформированных сообществ определенных минеральных и органических разновозрастных компонентов. Минеральные компоненты в большинстве видов этих пород преобладают. Им уделялось изначально серьезное внимание наукой об осадочных образованиях – *литологией* (именовавшейся до середины XX в. осадочной петрографией). Её учебники отечественных классиков содержат такие разделы: у Л.В. Пустовалова (1940) «История главнейших первичных минералов в зоне осадкообразования» и «Составные части осадочных пород и связанные с ними

проблемы»; у М.С. Швецова (1958) Глава III «Минералы осадочного происхождения». Методология этой науки (как и у всех современных естественных наук) базируется на принципах генетичности и историзма. Большая доля необходимой информации закодирована в типоморфизме и структуре осадочно-породных минеральных компонентов, а историко-геологическая информация содержится в признаках последовательности формирования их сообществ. Способы извлечения и интерпретации этой информации изучались в дисциплине Бакалавриата Стадиальный анализ литогенеза (7 и 8 семестры 4-го курса). Здесь эти сведения будут пополнены углубленными знаниями о механизмах и способах трансформаций строения кристаллических решеток, о изоморфизме, полиморфизме, изменениях фазового состояния и о др. процессах приспособления различных групп минералов к факторам  $pH$ ,  $Eh$ , концентраций растворов, изменений температур ( $\Delta T$ ) и различных форм давления ( $P_s$  – литостатического,  $P_f$  флюидного,  $P_{st}$  – стресса) в приповерхностных глубинных земных средах осадочного минералогенеза. В данной дисциплине, в отличие от базовых дисциплин по фундаментальной минералогии, объекты её изучения (минералы) систематизируются не по признакам их морфологии, но согласно своеобразию способов и форм участия в осадочном процессе и его стадиях: 1 – мобилизации веществ (гипергенной либо вулканической), 2 – их переноса в бассейн седиментации и накопления в осадке (седиментогенез), 3 – превращения осадка в горную породу (диагенез), 4 – последиагенетических, или «вторичных» породных изменений, которые нарастают по мере погружения во впадину бассейна породообразования (катагенез), или при формировании там складчато-надвиговой системы (катагенез и метагенез, вплоть до регионального метаморфизма включительно). Усвоив это, магистранты постигают выявленные исследователями отечественных и зарубежных литологических школ способы и закономерности поэтапного формирования в осадках и породах определенных генетически взаимосвязанных минеральных ассоциаций (то есть, *минеральных парагенезов*) и их поэтапной сменяемости иными парагенезами вследствие попеременных влияний на минералогенез конкретных природных факторов и взаимообменов веществами между породами внутри стратисферы. В итоге постигают аргументы теоретических концепций о процессах и факторах формирования стратиформных руд металлов и др. видов полезных ископаемых в осадочных геологических формациях; а также о влияниях геодинамических режимов эволюции литосферы на процессы литогенеза и осадочного рудогенеза, в частности. В конечном итоге магистрант получает ясное представление о том, как посредством комплексного соединения генетических

минералогических знаний с литологическими методами исследования (стадиального, фациального и формационного анализов) приобретает возможность научно-обоснованно ставить и решать крупномасштабные теоретические проблемы и прикладные задачи базовой дисциплины – Литологии.

**История изучаемой дисциплины.** Востребованность в генетической минералогии осадочных образований, появившаяся в период становления науки литология в 20-40 гг. XX в. Три первоначальных направления. Первое – терригенная минералогия совместно с обработками результатов гранулометрических анализов рыхлых осадков. Труды Г.Б. Мильнера, Ф.Дж. Петтиджона в Европейских странах и США и В.П. Батурина (1937) в СССР; введенное им понятие: «терригенно-минералогические провинции» и его значение для палеогеографии, диагностики областей мобилизации веществ терригенных осадков геологического прошлого и россыпей. Второе - аутигенная минералогия в трудах Л.В. Пустовалова (1940, 1956), Г.А. Теодоровича и их учеников и последователей – А.Г. Коссовской, В.Д. Шутова, В.И. Муравьева и др. во второй половине XX в. Понятие «аутигенно-минералогические провинции, или геохимические фации седиментогенеза». Третье направление, получившее мощный импульс развития только после создания рентгеновской, а затем электронной лабораторной аппаратуры в конце XX в. – минералогия глин. Работы Ж. Милло (Франция), В.А. Дрица и А.Г. Коссовской (СССР, Россия) и др. Всплеск интереса от 50-х гг. XX в к стадийности аутигенного минералообразования при диагенезе, катагенезе и метагенезе в песчаных и глинистых породах морских и континентальных (в том числе угленосных) формаций фанерозоя – труды Л.В. Пустовалова, Н.В. Логвиненко, Л.Б. Рухина, А.В. Копелиовича, А.Г. Коссовской и В.Д. Шутова, В.И. Копорулина, В.И. Муравьева, И.М. Симановича, О.В. Япаскурта и др., а за рубежом – Ф.Дж. Петтиджона, Р.К. Селли, Р.У. Фербриджа, Дж. В. Чилингара и др. Направление «геоминералогия», созданное в геологическом институте (ГИН) АН СССР (ныне – ГИН РАН) А.Г. Коссовской и В.Д. Шутовым в последней четверти XX в., которое стало сердцевиной для данной дисциплины: научные познания процессов формирования, существования и преобразования минеральных парагенезов и свойственных им осадочных минералов-индикаторов этих процессов в определенных типах осадочных и метаосадочных горных пород, при помощи комплексной, многоуровневой методики исследования: 1 – генетический, фациальный и формационный анализы по итогам макроизучения комплексов пород, с выявлением физико-географических и палеотектонических условий возникновения и эволюции осадочного палеобассейна; 2 – стадиальный микроскопический анализ

этапности накопления, постседиментационного формирования и вторичных изменений минеральных компонентов во всех генетических типах и фациях отложений этого бассейна; 3 – прецизионный структурно-кристаллохимический анализ типоморфных особенностей отдельных минералов-индикаторов физико-химических условий осадкообразования и термодинамических режимов последующего породообразования. Данное научное направление в литологии с 1984 г. стало предметом курса лекций проф. А.Г. Коссовской для студентов кафедры литологии и морской геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Продолживший с 1998 г. это чтение автор данной Программы переработал курс в профильную магистерскую дисциплину Генетическая минералогия осадочных образований и издал к ней учебное пособие (Япаскурт, 2008).

**Диагностические признаки генезиса минеральных породообразующих компонентов и принципы обособления минеральных групп – участников осадочного процесса.** Напоминание о признаках диагностики компонентов: аллотигенных (терригенных, эдафагенных, вулканогенных) и аутигенных (седиментогенных, диагенетических, ранне- и позднекатагенетических, метаморфогенных и гипергенных), которые изучались в профильных дисциплинах Бакалавриата, - Литология и Стадиальный анализ литогенеза. Общая характеристика каждой из трех рассматриваемых в этой дисциплине групп минералов с различными способами участия их в осадочном процессе: 1 – минералы-доноры веществ для аутигенеза (посредством процессов корродирования аллотигенных породных компонентов); 2 – минералы-наследники (или наследники-долгожители) первичных свойств материнских пород, из которых мобилизовано вещество осадка; 3 – минералы-приспособленцы к условиям седиментогенеза, диагенеза и последиагенетических стадий осадочного процесса – легко меняющие свой формульный состав, будучи подвержены изоморфизму и полиморфным преобразованиям кристаллической структуры при колебаниях значений и величин  $pH$ ,  $Eh$ ,  $\Delta T$  и  $Ps$  в окружающей среде.

**Минералы-доноры в осадочном процессе.** К этой категории относятся минералы ультраосновных магматических горных пород и метапород эклогитовой фации, которые родились при эндогенных  $P-T$  и физико-химических режимах глубинных горизонтов литосферы, а потому они крайне не устойчивы в экзогенных, преимущественно окислительных обстановках гипергенеза, а также седиментогенеза и диагенеза, где корродируются, вплоть до полного растворения (отдают в раствор  $SiO_2$ , соединения  $Al$ ,  $Fe$ ,  $Mg$ ,  $Ca$  и др.), либо трансформируются в аутигенные агрегаты

глинистых и др. минералов. Это (в порядке потери устойчивости) из числа темноцветных: островные силикаты группы оливина – каркасные силикаты групп пироксенов ромбических – пироксенов моноклинных – амфиболов – эпидотов и гранатов; гомологичны оливину своей низкой устойчивостью к химическим воздействиям среды седиментации кальциевые плагиоклазы; повышение их устойчивости и в направлении к кальций-натриевым андезинам; неустойчивая триоктаэдрическая слюда-биотит. Их присутствие только в форме аллотигенных компонентов – аксессуаров характерно для большинства осадочных пород.

**Минералы-долгожители, наследники исходных магматических и др. пород-источников мобилизации седиментогенных веществ и свидетели ранних этапов осадочного процесса; матрица для регенерационных новообразований.** К данной группе относятся минералы терригенных компонентов, которые прежде принадлежали выветриваемым магматическим, метаморфическим или иным осадочным породам и при этом выдержали воздействие химических и биохимических агентов гипергенеза и седиментогенеза, сохранив свои исходные типоморфные признаки на всех стадиях осадочного процесса, исключая лишь метагенез. Это породообразующие – кварц и альбит, отчасти олигоклаз и калишпаты; аксессуары – мусковит, циркон, рутил, сфен, турмалин, апатит, кианит. По их признакам, даже в зонах интенсивных вторичных изменений вмещающей эти минералы породы, устанавливаются терригенно-минералогические провинции (см. выше) и реконструируется местонахождение источников поставки аллотигенных компонентов в осадочный бассейн, а также и составы пород в питавших его провинциях. Конкретные примеры таких палеореконструкций с учетом типоморфизма терригенного кварца (разного характера дефектов строения его кристаллической решетки, двойникования, состава и частоты встречаемости минеральных и флюидных микровключений и проч.) – см. по книге И.М. Симановича (1978) «Кварц песчаных пород». Там же см. постседиментационные преобразования – коррозия аллотигенных компонентов и регенерационные наросты аутигенного кварца при диагенезе и катагенезе; кристаллобластез, формирования «полосок Бёма» и массовое самоочищение кварца от дефектов, флюидных и твердых примесей на стадиях метагенеза и метаморфизма (как итоги динамотермальной активации и диагностические признаки обстановок метагенеза). Короче даются сведения о кислых плагиоклазах и калишпатах, их частичной альбитизации при глубинном катагенезе и метагенезе, о шиповидных микрогранолептидобластовых структурах срастания с аутигенными серицитом и хлоритом.

**Глинистые минералы-приспособленцы к условиям седиментогенеза, диагенеза и последиагенетических стадий осадочного процесса.** В осадочных породах глинистые минералы представлены терригенными, эдафогенными (глобули из глауконитовых и бертьериновых агрегатов наночастиц) и аутигенными компонентами. Признаки различия их морфологии и структурных соотношений при наблюдениях в РЭМ и отчасти в поляризационном микроскопе. Главное свойство – податливость к изоморфизму (обмену катионами со средой пребывания) и, как следствие, к трансформациям в иные минеральные виды без фазовых переходов (например, смектит – смешанослойные образования – слюда или смектит – смешанослойный корренсит – хлорит и др.). Строение кристаллических решеток (слоистых и ленточных; двухслойных, трех- и многослойных, и смешанослойных – диоктаэдрического и триоктаэдрического типов), их полиморфные модификации. Понятия «внутрислоевой заряд», «кристаллизационная и конституционная вода», «обменные катионы». Далее – характеристика главнейших минеральных групп в аспектах (для каждой из них): 1 – благоприятные значения  $pH$ ,  $Eh$  среды гипергенеза, седименто- и диагенеза, с конкретными примерами ландшафтно-климатических условий и вещественного наследования выветриваемой матрицы; 2 – трансформации кристаллических решеток и смена полиморфных модификаций по мере усиления термобарического фактора стадий катагенеза, метагенеза и метаморфизма; 3 – конкретные минеральные ассоциации, свойственные различным климатическим, палеотектоническим обстановкам седиментации на континенте, в морях и океане и ассоциации, характеризующие стадийность постседиментационных изменений пород внутри стратисферы. Рассматриваются группы: 1 – каолинит-серпентинитовая, 2 – смектитов диоктаэдрических (монтмориллониты с разными внутрислоевыми зарядами и степенями глиноземистости либо железистости, бейделлиты, нонтрониты), 3 – смектитов триоктаэдрических, 4 – слюд диоктаэдрических (иллиты модификаций 1Md, 1M, 2M<sub>1</sub>, серициты 2M<sub>1</sub>, глаукониты), 5 – слюд триоктаэдрических, 6 – хлоритов (ди-, триоктаэдрических и ди-триоктаэдрических, разной степени железистости и магнезиальности), 7 – бертьеринов, ранее считавшихся железистыми хлоритами, но с двуслойными кристаллическими решетками, трансформированными по каолинитовой матрице на стадиях диагенеза или катагенеза, 8 – группы сепиолит-пальгорскитовой и трех контрастно-различных обстановок её нахождения: щелочных озер, солончаков аридных областей континента (вместе с аутигенными магнезиальными хлоритами и высокожелезистыми иллитами); в осадках океана как акцессории, привнесенные с континента эоловыми процессами; или там же, как

аутигенные образования, в пределах рифтовых структур со щелочной спецификацией их подводного вулканизма.

**Цеолиты – индикаторы щелочных обстановок седиментогенеза, диагенеза и роста термодинамических факторов ката- и метагенеза.** Аутигенные цеолиты в осадках современных океанов (красные глины абиссали) и морей, и древних дельтово-морских и озерных терригенно-глинистых комплексов. Работы А.Г. Коссовской, В.В. Петровой, А.С. Запорожцевой и др. Своеобразие кристаллических структур, «цеолитовая вода», обменные катионы; вынос воды из ячеек кристаллической решетки по мере роста  $\Delta T$  и  $P_s$  факторов, обмен катионами и примеры изменений формульного состава минерала вследствие его трансформации. Характеристики нескольких природных объектов – цеолитовых ассоциаций в осадках и породах.

1. Цеолитовая ассоциация (в парагенезе с железисто-алюминиевыми монтмориллонитами – «цеолитовые глины») современных и древних океанских осадков с филлипситом сверху и клиноптилолитом ниже по разрезу. Две объясняющие это версии: либо смена вещественного состава пирокластике, трансформируемой в цеолит при гальмиролизе, либо стадийность катагенетической трансформации филлипсита в клиноптилолит, с присоединением  $\text{SiO}_2$  из корродированных диатомей и радиолярий.

2. Ассоциация шабазит, эрионит, морденит, анальцит, натролит с аутигенными калишпатом, бруситом, давсонитом, содой в высокоминерализованных щелочных озерах аридных областей (триас Монголии).

3. Ассоциации лагунно-дельтовых и морских отложений мезозоя Восточно-Европейской, Сибирской платформ, Приверхоянского передового прогиба и др. областей, без генетических взаимосвязей цеолитов с пирокластикой. Пример их зональности в цементах аркозовых песчаников нижнего мела Приверхоянского прогиба (от стадии диагенеза к глубинному катагенезу, интервал толщиной до 5 км): десмин  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{-}7\text{SiO}_2 \cdot 4\text{-}8\text{H}_2\text{O}$  → эпидесмин  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  → ломонтит  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  → сколецит  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Минералы-доноры веществ для этих цеолитов – терригенные кальциевые плагиоклазы, эпидоты, амфиболы и гранаты (по А.Г. Коссовской и О.В. Япаскурту).

4. Иные примеры зональностей цеолитов: в разрезе толщи 12 км граувакк мезозоя Новой Земли по Д.С. Кумсу, вплоть до «цеолитовой фации метаморфизма» (метагенеза, в трактовке автора Программы); а также в толщах неогена, палеогена и мела Японии, по данным М. Утада и А. Инджима. Замещение при метаморфизме альбит-эпидот-хлоритовыми и альбит-пренит-пумпеллитовыми ассоциациями.

**Прочие группы минералов преимущественно хемогенных, хемобиогенных и биогенных осадков и горных пород.** Аморфный и криптозернистый кремнезем опал-халцедоновых пород, раскриталлизуемый в гранобластовые агрегаты кварца при метаморфизме в трепелах, опоках, яшмах, кварцитах.

Фосфаты. Хлориды. Сульфаты. Сульфиды. Краткие обзоры.

**Минеральные парагенезы терригенных комплексов как индикаторы геодинамических условий осадконакопления и породообразования, по В.Д. Шутову.** Комплексный подход к исследованию песчаных, алевроитовых и глинистых пород единой формации с их аллотигенными и аутигенными компонентами. Классификация песчаников по В.Д. Шутову (1975), методы построения основных и «дочерних» треугольных диаграмм состава аллотигенных компонентов. Поля точечных символов аналитических данных на треугольных диаграммах, характеризующие восемь минеральных парагенезов. Характеристика этих парагенезов и геодинамических обстановок осадочных бассейнов, в которых они сформированы. Терригенная группа парагенезов: петрогенные, литокластогенные, апосапрогенные комплексы. Вулканогенные парагенезы: вулкано-терригенный, туфогенный и тефрогенный. Фациально-ауигенная группа парагенезов: субкарбогенный (подугольный) и салсалгенный (солёно-лагунный). Метагенный парагенез. Полезные ископаемые, свойственные этим категориям.

**Опыт комплексных литолого-фациальных и стадияльно-минералогических исследований минеральных парагенезов аркозов и граувакк верхоянского комплекса, по О.В. Япаскурту.** Предваряющие информацию об анализе минеральных парагенезов общегеологические сведения о терригенных формациях верхнего палеозоя и мезозоя восточной окраины Сибирской платформы и Верхояно-Колымского складчато-надвигового пояса. Выполненные там фациальные, формационные и стадияльно-литогенетические исследования А.Г. Коссовской, В.Д. Шутова в 50-х г.г. XX в. и О.В. Япаскуртом в 70-90 г.г. Их анализы условий и стадийности терригенного и аутигенного минералообразования в корреляции с историко-геологическими этапами смены геодинамических режимов формирования осадочных бассейнов и складчато-надвиговой системы. Стадияльная обособленность орогенных этапов метагенеза и зонального метаморфизма от предшествующего им катагенеза погружения терригенных отложений и её отражение в особенностях пестседиментационного минералогенеза.

**Индикаторные признаки слюд и хлоритов песчаных и глинистых пород в оценках стадий их катагенетических и раннеметаморфических изменений.**

Работы Кюблера (1967), Де Сегонзака (1970) и др. о численных константах – «индексе кристалличности» и др., определенных расчетами по данным рентгеновской дифрактометрии, о степени упорядоченности кристаллических решеток глинистых минералов группы слюд для различных уровней их постседиментационной измененности. Картирование индекса кристалличности и зон диагенеза и метаморфизма в однородных глинистых толщах Квебекских Аппалачей в Канаде (Hesse, Datton, 1991). Параметры кристаллических структур слюды (колебания суммарного содержания  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  в расчете на формульную единицу) и хлоритов (сумма катионов, занявших октаэдрические позиции кристаллических решеток) применительно к диагностике границ анхизоны и эпизоны начального метаморфизма (метагенеза) по методике С.П. Кориковского, М. Путиша и др. (1995). Примеры использования при исследовании стадийности  $\Delta T$  изменения терригенного флиша Карпат и Верхоянского комплекса мезозойд.

**Минеральные индикаторы влияния вулканизма на седиментацию в континенте и океанской пелагиали.** Исследования постэруптивных изменений базальтов океанов и континентальных трапповых формаций И.М. Симановича, С.Г. Сколотнева, В.Д. Шутова и др. (80-е г.г. XX в.). Определение понятий: палагонит и хлорофейт. Исследования в РЭМ процессов палагонитизации, кристаллизации из базальтового стекла цеолита-филлипсита, аутигенного Fe-монтмориллонита и др. Работы А.Г. Коссовской и В.В. Петровой. Представления об океанской магматической питающей провинции для седиментогенеза. Континентализация (по А.Г. Коссовской) – концентрация калия в продуктах изменения океанских базальтов. Вторичные изменения базальтов и формирование рудоносных растворов. Минеральные парагенезы глин вулканогенно-осадочных комплексов областей, переходных от морей к океанам, по А.Г. Коссовской.

**Генетическая минералогия рудоносных осадочных комплексов.** Корреляция металлоносности с зональностью постседиментационного минералогенеза в позднепалеозойских дельтово-морских терригенных формациях Верхоянского складчатого комплекса по работам О.В. Япаскурта (1992, 2008). Механизмы мобилизации металлов при гипергенезе заболоченных питающих провинций, транспортировка реками и подземными водами металлоорганических соединений, накопления в определенных фациях, перераспределение и концентрирование рудных компонентов на стадии метагенеза. Минерально-структурные парагенезы-свидетели рудогенерационных процессов.

**Заклучение.** О системном анализе минералогенеза в осадочном процессе и его значении для решения фундаментальных проблем литологии, палеогеографии, геодинамики и учения о полезных ископаемых.

#### 4.2. The discipline content

**Introduction.** Sedimentary rocks, which form on the earth surface, formed in *sedimentosphere* the upper (of the hardest) Earth sphere, or *stratisphere*, and while they are held inside of it, they are constantly exposed by the substance-structural changes under the effect of thermobaric and fluid-hydrogenised factors - which consist of naturally formed communities of definite mineral and organic differently-aged components. Mineral components in the most of kinds of this rocks are dominated. There was devoted initially a serious attention to them by science of the sedimental formations - *lithology* (which was named as sedimental petrography till the middle of XX century). Its textbooks written by the home classics have these sections: by L.V. Pustovalov (1940) "The history of the main previous minerals in the sediment formation zone", and "The component parts of sedimentary rocks and problems, connected to them"; by M.S. Shvetsov (!958) Charter III "Minerals of sedimental origin". The methodology of the science (as at the all modern natural sciences) is based on the principals of geneticism and historicism. The most part of necessary information is coded in the typomorphism and structure of the sedimental-rocked mineral components, and the historic-geological information is contained in the signs of sequence of their communities formation. The ways of extraction and interpretation of this information were studied in a discipline of Baccalaureate "The vicissitude analysis of lithogenesis" (7 and 8 semesters in the 4th course). Here all this knowledge will be replenished by the deepened knowledge of mechanisms and ways of transformation of crystal lattice construction, isomorphism, polymorphism, changes of the phase situation and of the other processes of different mineral groups adaptation to the *pH*, *Eh* factors, solute concentration, temperature changes ( $\Delta T$ ) and different forms of pressure ( $P_s$  - lithostatical,  $P_f$  - fluidal,  $P_{st}$  - stressed) in the close-surface deepened earth environments of sedimental mineralogenesis. In this discipline, unlike the basic disciplines about fundamental mineralogy, its study objects (minerals) are systematized not on their morphology features, but, according to the special features of the ways and forms of their participating in sedimental process and its phases: 1 - mobilization of substances (hypergenical or volcanic), 2 - their transportation in the basin of sedimentation and accumulation in sediment (sedimentogenesis), 3 - the turning of sediment into mountain rock (diagenesis), 4 - after-diagenetical, or "secondary" rock changes, which grow while the immersion to the depression of the rock formation basin (catagenesis) or while the formation there of fold-

thrust system (catagenesis and metagenesis, up to regional metamorphism including). After assimilating this, magister comprehend the identified by the researchers of the domestic and foreign lithological schools ways and regularities of the aphasics formation in sediments and rocks the definite genetically interrelated mineral associations (in other words, *mineral paragenesis*) and their aphasic changing by the other paragenesis as a result of alternate influences on the mineralogenesis of the exact nature factors and substance interchanges between rocks inside the stratisphere. As a result they reach the arguments of theoretical conceptions of the processes and factors of formation of the stratiforming metal ores and other kinds of minerals in sedimentary geological formations; and also about the influence of geodynamic regimes of lithosphere evolution on the processes of litogenesis and sedimental oreogenesis in particular. As a final result magister gets a clear understanding of the way, how, throw the complex connecting of genetical mineralogical knowledge with lithological research methods (vicissitude, facial and formational analysis) there acquired the possibility to make and solve the scientifically-proved large-scaled theoretical problems and applied problems of the basic discipline - Lithology.

#### **History of the studied discipline.**

The demand in a genetical mineralogy of the sedimentary formations, which appeared in the time of science lithology becoming in 20-40es XX cent. Three previous directions. First is a terrigenous mineralogy, jointly with the processing of the results of granulometric analysis of loose sediments. Works by G.B. Milner, F.G. Pettijone in European countries and USA and by V.P. Baturin (1937) in USSR; the permitted by him term "terrigenous-mineral provincials" and its meaning for paleogeography, diagnostics of the mobilization regions of substances of terrigenous sediments of geological past and placers. Second is the authigenic mineralogy in works of L.V. Pustovalov (1940, 1956), G.A. Teodorovich and his scholars and followers - A.G. Kossovskaya, V.D. Shutov, V.I. Muraviev, etc. in the second half of the XX cent. The term "authigenic-mineralogical provinces or geochemical facies of sedimentogenesis". Third direction, which got a huge impulse of development only after the creation of X-ray and then electronic laboratory equipment at the end of XX cent. - coal mineralogy. Work by J. Millo (France), V.A. Dritz and A.G. Kossovskaya (USSR, Russia), etc. A surge of interest from the 50es of XX cent. to the vicissitude of authigenic mineral formation while the diagenesis, catagenesis and metagenesis in sandy and clay rocks of sea and continental (including coal-bearing) Phanerozoic formations - works by L.V. Pustovalov, N.V. Logvinenko, L.B. Ruchin, A.V. Kopeliovich, A.G. Kossovskoi and V.D. Shutov, V.I. Koporulin, V.I. Muraviea, I.M. Simanovich, O.V. Yapaskurt, etc., - foreign - F.G. Pettigone, R.K. Selly, R.Y. Febridge,

G.V. Chilingar, etc. The direction "geomineralogy", created in the geological institute (GIN) AS USSR (nowadays - GIN RAS) by A.G. Kossovskaya and V.D. Shutov in the last quarter of the XX cent., which became the middle part for this discipline: science knowledge of the processes of formation, existence and conversion of mineral paregenesis and inherent to them sedimentary minerals-indicators of the processes in the definite types of sedimentary and meta-sedimentary mountain rocks, with the help of the complex many-level methodic of research: 1 - genetical, facial and formational analysis, based on the results of macro-research of rock complexes, including detection of physic-geographical and paleotectonical conditions of appearing and evolution of sedimental paleobasin; 2 - vicissitude microscopic analysis of phasing of accumulation, late-sedimentation formation and secondary changes of mineral components in all the genetic types and facies of this basin depositions; 3 - sensitive structurally-crystallochemical analysis of the typtomorphic features of sedimentation and thermodynamical regimes of the following rock formation. This scientific direction in lithology since 1984 became the subject of the lection course by prof. A.G. Kossovskaya for the students of cathedra lithology and sea geology of geological faculty M.V. Lomonosov, MSU. The author of this program, who continued since 1998 this lection, reworked the course into a profiled magister discipline Genetical mineralogy of the sedimentary formations and published a student book about it (Yapaskurt, 2008).

**Diagnostic features of mineral rock forming components genesis and principals of isolation of mineral groups - participants of sedimental process.** The remind of the components diagnostic features: allotigenic (terrigenic, edafogenic, volcanogenic) and authigenic (sedimentogenic, diagenetic, early- and lately-catagenetic, metamorphic and hypergenetic), which were studied in a profiled disciplines of Baccalaureate - Lithology and Vicissitude analysis of lithogenesis. General characteristics of the each of three observed in the discipline groups of minerals with the different ways of their participating in a sedimental process: 1 - minerals-donors of substances for the autogenesis (using the processes of coordination of allogenic rock components); 2 - minerals-successors (or successors-long-livers) of the basic features of paternal rocks, from which the sediment substance is mobilized; 3 - minerals-adaptors to the conditions of sedimentogenesis, diagenesis and late-diagenetical phases of sedimental process - easy changing its formulary constitution, while being exposed by isomorphism and polymorphic over-changes of crystal structure in the variety of values and quantity of  $pH$ ,  $Eh$ ,  $\Delta T$  and  $Ps$  in the environment.

**Minerals-donors in a sedimental process.** This category contains minerals of ultramafic magmatic mountain rocks and meta-rocks of eclogue facies, which were born

while the endogenic *P-T* and physically-chemical regimes of deepened horizontals of lithosphere, that is why they are very unstable in exogenic, mostly oxidative surroundings of hypergenesis and also sedimentogenesis and diagenesis, where they are corroded even to the full dissolution (give the solute  $SiO_2$ , combinations *Al*, *Fe*, *Mg*, *Ca*, etc.), or they are transforming into the authigenic aggregates of clay and other minerals. This (in the order of stability loose) is from the amount of dark-colored: the island silicates of the olivine group - wireframe silicates of the rhombic pyroxenes group - monocline pyroxenes - amphiboles - epidodes and grenades; the calcium plagioclases are gemologed to the olivine by their low stability to the chemical actions from the sedimentation environment; the increase of their stability also directed to potassium-sodium andesine; unstable three- octahedron mica - biotite. Their presence only as the allogenic components-assessors is a character for the most of sedimentary rocks.

**Minerals-long-livers, the successors of the original magmatic and other rocks-sources of mobilization of sedimentogenic substances and the witnesses of the early phases of sedimental process; the matrix for the regeneration neo-growths.** This group contains minerals of terrigenous components, which belonged earlier to the weathering magmatic, metamorphic or other sedimentary rocks and also were able to bear the action of chemical and biochemical hypergenesis and sedimentogenesis agents, while saving their original typomorphic features on all the phases of sedimental process, excluding only metagenesis. This are rock forming - quartz and albit, particularly oligoclase and potassium feldspars; assessors - muscovite, zircon, rutile, sphene, tourmaline, apatite, kainite. Onto their features, even in the zones of intensive secondary changes of the containing these minerals rock, there are installed the terrigenous-mineralogical provincials (watch above) and being reconstructed the location of the sources of allotigenic components transportation into the sedimental basin, and also the constitution of rocks in its feeding provincials. The concrete examples of these paleogeographical reconstructions, accounting typomorphism of terrigenous quartz (of the different character of construction of its crystal lattice, twinning, constitution and rate of meeting the mineral and fluidal micro-inclusions and so on) - watch the book by I.M. Simanovich (1978) "The quartz of sandy rocks". Also watch the late-sedimental conversions - the corrosion of allotigenic components and regeneration grows of authigenic quartz while the diagenesis and catagenesis; crystal regions, formation of the "Boma stripes" and massive self-cleaning of quartz from defects, fluidal and solids on the phases of metagenesis and metamorphism (as the results of the dynamo-thermal activation and diagnostic signs of metagenesis environments). There are given shorter data of the acidic plagioclases and potassium feldspars, their particular albitization while the deepened

catagenesis and metagenesis, of the spine-like microgranuleptifoblastual structures of accretion with the authigenic sericite and chlorite.

**Clay minerals-adaptors to the conditions of sedimentogenesis, diagenesis and late-diagenetical phases of sedimental process.** In the sedimental rocks the clay minerals are presented as terrigenous, edafogenic (globules of the glauconitic and berterine aggregates of the nano-particles) and authigenic components. The features of their difference in morphology and structural relations while the observations in REM and particularly in polarization microscope. The main feature is the compliance to the isomorphism (an exchange of cations with the stay environment) and, as a result, to the transformations into the other mineral kinds without phase transition (for example, smectite - mixed-layer formations - mica and smectite - mixed-layer corrensite - chlorite and so on). The construction of the crystal lattices (layered and ribbon, double-layered, three-, many-layered and mixed-layered - di- octahedron and three-octahedron types), their polymorphic modifications. The term "intro-layered charge", "crystal and constitutional water", "exchanged cations". Further - the characteristics of the main mineral groups in the aspects (for each of them): 1 - grateful values of  $pH$ ,  $Eh$  environments of hypergenesis, sediment- and diagenesis with the concrete examples of landscape-climatically conditions and substance, successoring of the weathering matrix; 2 - transformations of the crystal lattices and the change of polymorphic modifications while the strengthening of thermobaric factor of phases of catagenesis, metagenesis and metamorphism; 3 - the concrete mineral associations, which are characterized to the different climatic, paleotectonical situations of sedimentation on the continent, seas and ocean and associations, which do characterize the vicissitude of the late-sedimental changes of rocks inside the stratisphere. The groups observed: 1 - caolinite-serpentine, smectites as di- octahedron (montmorrelonites with a different inside-layered charges and grades of claygroundity of ferreginosity, baygellites, nontronites), 3 - smectites as three-octahedron, 4 - micas as di-octahedron (elites of modifications 1Md, 1M, 2M<sub>1</sub>, sericites 2M<sub>1</sub>, glauconites), 5 - micas as three-octahedron, 6 - chlorites (di-, three-octahedron and di-three-octahedron, differently-phased as ferreginosity and magnesiality), 7 - berterines, which were earlier thought to be ferreginosive chlorites, but with the double-layered crystal lattices, transformed on the clay matrix at the phases of diagenesis and catagenesis, 8 - of thee group of sepiolite-palygorscite and three contrast-different situations of its founding: alkaline lakes, salt-marshes of the arid continent regions (in a combination with authigenic magnesia chlorites and high-ferruginous elites); in the sediments of the ocean as assessors, brought from the continent by eolic processes; or there, where the

authigenic formations are, limited by the reef structures with the alkaline specification of their under-water volcanism.

**Zeolites-indicators of the alkaline environment of sedimentogenesis, diagenesis and the grow of thermodynamical factors of cata- and metagenesis.** Authigenic zeolites in the sediments of the modern oceans (red clays of abyssal) and seas, and ancient delta-marine and lake terrigenous-clay complexes. Works by A.G. Kossovskaya, V.V. Petrova, A.S. Zaporozhceva, etc. Crystal structures singularity, "zeolited water", exchangeable cations, removal of water from the cells of crystal lattice while the grow of  $\Delta T$  and  $P_s$  factors, an exchange of cations and the examples of changing of the formula constitution of mineral as a result of its transformation. Characteristics of the some natural objects - zeolite associations in sediments and rocks.

1. Zeolite association (in a paragenesis with the ferrous-aluminum montmorillonites - "zeolited clays) of the modern and ancient oceanic sediments with a phyllipsite on the top and clinoptyllite below in the section. The two explaining versions: either the change of the substance constitution of pyroclastics, transformed into zeolite while galmirolisis, or the vicissitude of catagenetical transformation of phyllipsite into clinoptyllolite with the connection of  $\text{SiO}_2$  from the corroded diatom and radiolarian.

2. Association shebasins, erionite, mordenite, analcime, natrolite with the autigenic potassium feldspar, bursitis, davsonite, soda in the high-mineralized alkaline lakes of the arid region (Triassic Mongolia).

3. Association of lagoon-deltaic and sea depositions of Mesozoic of East European and Siberia platforms, Pre-Verchoyansky advanced inflection and other regions, without genetical interrelations of zeolites and pyroclastics. The example of their zonality in the cements of arkosic sandstones of the lower Cretaceous of the Pre-Verchoyansky inflection (from the diagenesis phase to the deepened catagenesis, the interval thickness till 5 km): desmine  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{-}7\text{SiO}_2 \cdot 4\text{-}8\text{H}_2\text{O} \rightarrow$  epidemine  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow$  lomontite  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$  scolecite  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Minerals - donors of the substances for these zeolites are terrigenous calcium plagioclases, epidotes, amphibolites, and granates (by A.G. Kossovskaya and O.V. Yapaskurt).

4. The other examples of zeolite zonality: in a sectional thickness of the 12 km the Mesozoic greywacke of the New Land by D.S. Kums, even to the "zeolite facies of metamorphism" (metagenesis, in the authors program treatment); and also in the thicknesses of Neogene, Paleogene and Cretaceous of Japan, according to the data of M. Utad and A. Ingime. The replacement while the metamorphism of the albite-epidote-chlorited and albite-prenite-pumpellyite associations.

**The other mineral groups, principally chemogenic, chemobionic and biogenic sediments and rocks.** Amorphous and crypto-grained silica of the opal-chalcedony rocks, which is being recrystallized into granoblastic quartz aggregates while the metamorphism in bergmeals, flasks, jaspers and quartzites.

Phosphates. Chlorides. Sulfates. Sulfides. Short reviews.

**Mineral paragenesis of terrigenous complexes as the indicators of the geodynamic terms of sediment accumulation and rock formation by V.D. Shutov.** The integrated way to the research of sandy, silty and clayish rocks of the uniform formation with their allogenic and authigenic components. Sandstones classification by V.D. Shutov (1975), methods of the construction of the basic and "daughter" triangle diagrams of the allogenic components composition. The fields of the point symbols of analytical data on the triangle diagrams, which do characterize eight mineral paragenesis. Characteristics of these paragenesis and geodynamic situations of the sedimental basins, where they were formed. The terrigenous group of paragenesis: petrogenic, lithoclastogenic, aposaprogenic complexes. Volcanic paragenesis: volcano-terrigenous, tuffaceous and tefrogenny. Facial-authigenic group of paragenesis: sub-carbon (sub-coaled) and salsalgenic (salty-lagoon). Metagenic paragenesis. Minerals, inherent to these categories.

**The experience of complex lithology-facial and phasic-mineralogical researches of mineral paragenesis of arkoses and greywacke of verchoyansky complex by O.V. Yapaskurt.** Preceding the information of the analysis of mineral paragenesis general-geological data about the terrigenous formations of the Upper Paleozoic and Mesozoic of the eastern suburb of the Siberia platform and Verchoyano-Kolymskiy fold-thrust complex. Performed there facial, formational and phasic-lithogenetical researches by A.G. Kossovskaya, V.D. Shutov in the 50es of XX cent. and by O.V. Yapaskurt in 70-90es. Their analysis of conditions and vicissitude of terrigenous and authigenic mineral formation in a correlation with the historic-geological stages of the change of geodynamic regimes of formation of the sedimental basins and fold-thrust system. Phasic isolation of the orogenic phases of metagenesis and zoned metamorphism from the previous catagenesis of terrigenous depositions deepening and its reflection in the features of the post-sedimental mineralogenesis.

**Indicatory signs of micas and chlorites in the sandy and clay rocks in the marks of their catagenetic and early-metamorphic changes phases.** Works by Kubler (1967), De Segonzake (1970) and others about the numerical constants - "the crystallinity index" and so on, determined by the counts, based on data of the X-ray diffractometry, about the stage of order of crystal lattices of clay minerals of the mica groups for the

different levels of their post-sedimental changeability. The mapping of the crystallinity indexes and diagenesis and metamorphism zones in the homogeneous clay thicknesses of the Quebec Appalachians in Canada (*Hesse, Datton, 1991*). Parameters of the micas crystal structures (fluctuations in the total content  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  in the counting on the formula unit) and chlorites (the sum of cations, which took the octahedral positions of crystal lattices) applied to the diagnostics of the border of archyzone and epizone of the previous metamorphism (metagenesis) onto the method by S.P. Korikovskiy, M. Putish and the others (1995). The examples of its use while the research of the vicissitude of  $\Delta T$  changing of the terrigenous flux of Carpathes and the Verchoyanskiy complex of mesozooids.

**Mineral indicators of volcanism influence on the sedimentation in a continent and ocean pelagic region.** The researches of the post-eruptive changes of the ocean basalts and continental trapped formations by I.M. Simanovich, S.G. Skolotnev, V.D. Shutov and the others (80s of the XX cent.). The definitions of the terms: palagonite and chlorofenite. Researches of the REM processes of palagonization, crystallization from the basalt glass of zeolite-phyllipsite, authigenic Fe-montmorillonite, etc. Works of A.G. Kossovskaya, V.V. Petrova. Presentations of the ocean magmatic feeding province for the sedimentogenesis. Continentalization (by A.G. Kossovskaya) - the potassium concentration in the products of the ocean basalts changes. The secondary changes of basalts and ore-bearing solutions formation. Mineral paragenesis of clays of volcanic-sedimentary regions, coming from seas to oceans by A.G. Kossovskaya.

**Genetical mineralogy of the ore-bearing sedimental complexes.** Correlation of the metal content with the zonality of the post-sedimental mineralogenesis in the late Paleozoic delta-sea terrigenous formations of the Verchoyanskiy fold complex using the works of O.V. Yapaskurt (1992, 2008). The mechanisms of metal mobilization while the hypergenesis of the swamped feeding provinces, transportation by rivers and underground waters of the metal-organic combinations, accumulation in the concrete facies, the redistribution and concentration of the ore components on the metagenesis stadia. Mineral-structural paragenesis-witnesses of the ore-generated processes.

**Conclusion.** About the system analysis of the mineralogenesis in the sedimental process and its meaning for the solution of the fundamental problems in lithology, paleogeography, geodynamics and the study of the minerals.

## **5. Рекомендуемые образовательные технологии**

При реализации программы дисциплины «Генетическая минералогия осадочных образований» используются образовательные технологии – во время аудиторных занятий (42 часа) занятия реализуются в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проекта, Оверхеда, а так же в специализированной аудитории кафедры литологии и морской геологии Геологического факультета МГУ с использованием особого оборудования, позволяющего выводить на широкоформатный монитор микроскопические изображения пород в реальном режиме времени и представлять теоретический материал в виде мультимедийных презентаций, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании рефератов – практических заданий) и индивидуальную работу студента в специализированной аудитории кафедры литологии и морской геологии Геологического факультета МГУ или библиотеке Геологического факультета (108 часов).

### **5. Recommended educational techniques.**

While the realization of the discipline program "Genetical mineralogy of the sedimental formations" there are being used the educational techniques - during the auditorium classes (42 hours) classes are realized as the lectures, using PC and computer project, Overhead, and also in a specialized auditorium of the MSU Geology faculty, lithology and sea geology cathedra with the use of the special equipment, which is able to output onto the wide-range monitor the microscopic rock images in a real-time regime and show the theoretic material in a way of the multimedia presentations, and the students independent work means works under the teachers control (consultations and help with the abstracts writing - practicum tasks) and individual work of student in a specialized auditorium of the MSU Geological faculty, the lithology and sea geology cathedra or in the Geological faculty library (102 hours).

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

**Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

В течение преподавания курса «Генетическая минералогия осадочных образований» в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются такие формы, как собеседование, выполнение рубежных

самостоятельных конспектов по теоретическим основам курса. По итогам обучения в 9-ом семестре, во время осенней экзаменационной сессии проводится экзамен.

**Контрольные вопросы и задания:**

- 1) Сметиты в осадочном процессе
- 2) Трансформации глинистых минералов на стадиях: гипергенеза, диагенеза, катагенеза
- 3) Политипные модификации слюд и их связь с термобарическими режимами стадий катагенеза, гипергенеза, метагенеза и метаморфизма
- 4) Глаукониты: способы их формирования и последиагенетического изменения
- 5) Каолинит-диккит-накрит, их типоморфные признаки и условия формирования
- 6) Аутигенное глинообразование в океанской пелагиали
- 7) Парагенезы терригенных минералов песчаных пород – индикаторы палеогеографических и палеогеодинамических режимов формирования осадочного бассейна
- 8) Аллотигенные минералы-доноры веществ для аутигенного постседиментационного минералообразования
- 9) Эволюция терригенного и аутигенного кварца на стадиях седиментогенеза, диагенеза, катагенеза и метагенеза – раннего метаморфизма
- 10) Полевые шпаты в осадочном процессе
- 11) Минеральные индикаторы влияния вулканизма на седиментацию
- 12) Цеолиты в осадочном процессе

**6. Educational methodical procuring of the students' independent work. The marks tools for the current control of progress, meanwhile attestation by the discipline mastering results**

**Examinational questions and tasks for the current control of the progress and the meanwhile attestation by the discipline mastering results**

While teaching the course "Genetical mineralogy of the sedimental formations" the forms of the current control of the students progress used are the forms, such as colloquium, performing the independent summaries onto the theoretic course bases. According to the results of education in the 9 semester during the autumn examinational session there holds the exam.

**The control questions and tasks:**

- 1) Smectites in a sedimental process
- 2) Transformations of the coal minerals on the stages, which are: hypergenesis, diagenesis and catagenesis
- 3) Poly-typed modifications of mica and their connections with the thermobaric regimes of the stadiums of catagenesis, hypergenesis, metagenesis and metamorphism
- 4) Glauconites: the ways of their formation and post-diagenetic changing
- 5) Caolinite-deceit-nacrite, their typomorphic features and formational conditions
- 6) Authigenic coal-formation the ocean pelagic zone
- 7) Paragenesis of the terrigenous minerals of sandy rocks - indicators of paleogeographical and paleogeodynamic regimes of sedimental basin formation
- 8) Allotigenic minerals-donors of substance for the authigenic post-sedimentation mineral formation
- 9) The evolution of terrigenous and authigenic quartz on the phases of sedimentogenesis, diagenesis, catagenesis and metagenesis - early metamorphism
- 10) Feldspars in the sedimental process
- 11) Mineral indicators of the volcanism influence on the sedimentation
- 12) Zeolites in the sedimental process

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного пороодо- и рудообразования: Учеб. пособие. М.: ЭСЛАН. 2008. 356 с.
2. Наумов В.А. Оптическое определение компонентов осадочных пород: справочное пособие. М.: Недра 1989. 347 с.

б) дополнительная литература:

1. Диагенез и катагенез осадочных образований / под ред. Г. Ларсена и Дж. Чилингара М.: Мир, 1971
2. Дриц В.А. Коссовская А.Г. Глинистые минералы: Сметиты и смешаннослойные образования М.: Наука 1990. 214 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 446)

3. Дриц В.А. Коссовская А.Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.:Наука. 1991. 176 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 465)
4. Копелиович А.В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М.: Наука. 1965. 310 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 121)
5. Коссовская А.Г. Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полезные ископаемые. 1975. №2 с.23-44
6. Муравьев В.И. Минеральные парагенезы глауконито-кремнистых формаций. М.: Наука. 1983. 208 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 360)
7. Петрова В.В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе (силикаты, алюмосиликаты, гидрослюды) М.:ГЕОС. 2005. 247 с.
8. Симанович И.М. Кварц песчаных пород (генетические типы и постседиментационные преобразования) м.: Наука. 1978. 152 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 314)
9. Шутов В.Д. Минеральные парагенезы граувакковых комплексов. М.: Наука. 1975. 110 с. (Тр. ГИНАНСССР Вып. 278)
10. Шутов В.Д. Эпигенез океанических базальтов // Литология и полезные ископаемые. 1982. №4 с.32-42
11. Эпигенез и его минеральные индикаторы / Под ред. А.Г. Коссовской. М.: Наука. 1971. 110 с.
12. Япаскурт О.В. Стадиальный анализ литогенеза: Учеб. пособие М.: Изд-во МГУ 1995. 142 с.

в) базы данных информационно-справочные и поисковые системы:

[www.nbmgu.ru](http://www.nbmgu.ru) – библиотека Московского государственного университета

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) – научная электронная библиотека

[www.lithology.ru](http://www.lithology.ru) – информационные портал, посвященный литологии

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Системный анализ литогенетических процессов» используются: специализированная аудитория, оснащенная учебной коллекцией образцов и шлифотекой по всем группам осадочных образований, а также оборудованная комплектом оптических микроскопов и специальной аппаратурой, позволяющей выводить микроскопические изображения пород в режиме реального времени на широкоформатный монитор и использовать презентации в электронном виде; библиотека Геологического факультета МГУ.

## 8. Material and technical support of the discipline

For discipline " Genetical mineralogy of the sedimentary formations" are used: specialized audience, equipped with the training and the collection of samples shlifotekoy for all groups of sedimentary formations, as well as equipped with a set of optical microscopes and special equipment that allows to deduce microscopic images of rocks in real time on a widescreen monitor and use the presentation in electronic form; Library of the Faculty of Geology, Moscow State University.

**9. Краткое содержание курса:** Характеризуются многие пороодообразующие минералы осадочных отложений с их типоморфными признаками (главным образом, кристаллохимическими особенностями), которые группируются, исходя из способов участия их в полистадийном осадочном процессе (гипергенез – седиментогенез – диагенез – катагенез – ранний метаморфизм – гипергенез и т.д.): минералы – доноры веществ, минералы – долгожители и свидетели председиментационных геологических условий мобилизации веществ; минералы – приспособленцы, чутко реагирующие своим изоморфизмом и полиморфизмом на определенные геохимические и термобарические обстановки формирования и изменений вмесившей их породы и др. Показываются примеры палеогеографических и палеотектонических реконструкций геологического прошлого путем литолого-фациальных и формационных анализов, при неприменном учете всех вышеперечисленных типоморфных и диагностических признаков аллотигенных и аутигенных минералов, а также их причастность к стратиформному рудогенезу.

### 9. Short discipline content (annotation)

The many rock-forming minerals of sediments with their typomorphic signs (mainly crystal-chemical features), which are grouped on the basis of their participation in ways polistadiynom sedimentary process (hypergenesis - sedimentogenesis - diagenesis - katagenesis - early metamorphism - hypergenesis and etc.): minerals - donor substances, minerals - centenarians and witnesses predsedimentatsionnyh geological conditions mobilizing substances; minerals - opportunists that are responsive to their isomorphism and polymorphism of certain geochemical and thermobaric conditions of formation and change instead of their breed and others are characterized. The paleogeographic and paleotectonic reconstruction of the geological past by lithofacies and conformational analysis, when taking into account all of the above does not apply typomorphic and diagnostic features allogenic and authigenic minerals, as well as their involvement in the stratiform ore genesis are considered.

## 10. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

Примерный перечень заданий для самостоятельной работы студентов, направленных на закрепление теоретических знаний:

1. Сметиты
2. Хлориты
3. Иллиты
4. Кварц как индикатор литогенеза

## 10. Scientifically-methodological recommendations for provision of students individual work

The example list of tasks for students individual work, directed to the fixation of theoretical knowledge:

1. Smectites
2. Chlorites
3. Illites
4. Quartz as an indicator of lithogenesis

### Разработчики:

Геологический ф-т МГУ, профессор кафедры литологии и морской геологии  
О.В. Япаскурт; 8(495)939-50-00, yaskurt@geol.msu.ru

### Эксперты:

РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина	Зав. кафедрой литологии, профессор	Постников А.В.
ЗАО «МиМГО»	Ген. Директор	Гаврилов С.С.

Программа одобрена на заседании Ученого совета Геологического факультета МГУ  
протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Декан  
геологического факультета МГУ,  
академик

Д.Ю. Пушаровский

**Developer:**

Lomonosow Moscow State University, Geological faculty, Head of Department of lithology and marine geology, professor O.V. Yapaskurt; 8(495)939-50-00

**Experts:**

1. Russian geological university of oil and gas I.M. Gubkin Faculty of geology and geophysics of oil and gas cathedra of lithology and system researches of lithosphere head of cathedra, professor A.V. Postnikov, 8(499)233-95-64, [APOSTNIKOV@gubkin.ru](mailto:APOSTNIKOV@gubkin.ru)

2. The closed joint-stock society “Modeling and monitoring of geological objects”. General manager S.S. Gavrilov, 8 (926) 637-97-99, [info@mimgo.ru](mailto:info@mimgo.ru)