

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПОРОД КРАСНОЦВЕТНОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ

Ш.Х. Гайнанов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия
gaynanov@inbox.ru

Аннотация

Основной задачей типизации пород описываемой формации в настоящей работе является установление пространственно-временной взаимосвязи и степени влияния генетических и литологических особенностей обстановок развития комплексов пород красноцветной терригенной формации на формирование инженерно-геологических свойств.

Роль постгенетических процессов имеет существенное значение для формирования пород. Причем в зависимости от направленности процесса он может оказывать как положительное влияние (упрочнение структурных связей) так и отрицательное в виде изменения минералогического состава и разрушения сформированных ранее структурных связей.

Процессы прогрессивного литогенеза, отвечающие стадии диагенеза и катагенеза осадочных образований, приводят к коренному преобразованию характера структурных связей в грунте и, как следствие, их свойств. Развитие этих процессов в геологической истории связано как с геолого-структурным положением массивов, так и с длительностью их протекания. В связи с этим более древние измененные грунты имеют, как правило, более высокие прочностные характеристики. Особенно четко это проявляется при постгенетических преобразованиях глинистых, и исходно песчаных грунтов (последние трансформируются в песчаники).

Автором исследования не ставилась цель классификации всех пород формации. Были выделены наиболее характерные и играющие значимую роль с инженерно-геологической точки зрения генетические комплексы пород, позволяющие показать влияние многообразия условий осадконакопления на формирование свойств грунтов.

В статье приведена систематизация условий осадконакопления, которая позволила создать инженерно-геологическую типизацию пород и определить иерархию внутри формации посредством привязки пород и фаций к генетическим комплексам.

Ключевые слова: Инженерно-геологическая типизация, песчаники, глины, фациальный анализ, отложения пермского периода, красноцветная формация, терригенные отложения, текстура, фации, генетические комплексы

Для цитирования: Гайнанов Ш.Х. Инженерно-геологическая типизация пород красноцветной терригенной формации. *Вестник СВФУ*. 2025;(2): 15-26. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-15-26

Original article

ENGINEERING-GEOLOGICAL TYPIFICATION OF ROCKS OF THE RED-COLORED TERRIGENOUS FORMATION

Sharibzan H. Gaynanov

Perm State National Research University, Perm, Russia

Abstract

The main objective of rock typification of the described formation in the present work is to establish the spatial and temporal relationship and the degree of influence of genetic and lithological features of the development conditions of rock complexes of the red-colored terrigenous formation on the formation of engineering and geological properties.

The role of post-genetic processes is essential for rock formation. Depending on the direction of the process, it can have both positive influence (strengthening of structural bonds) and negative influence in the form of changes in mineralogical composition and destruction of previously formed structural bonds.

The processes of progressive lithogenesis, corresponding to the stage of diagenesis and catagenesis of sedimentary formations, lead to a fundamental transformation of the nature of structural bonds in the soil and, as a consequence, their properties. The development of these processes in geologic history is related both to the geological and structural position of the massifs and to the duration of their occurrence. In this regard, older altered soils have, as a rule, higher strength characteristics. This is especially clear in postgenetic transformations of clayey and initially sandy soils (the latter are transformed into sandstones).

The author of the study did not aim to classify all the rocks of the formation. The most characteristic and significant from the engineering-geological point of view genetic complexes of rocks were identified, which allow to show the influence of the diversity of sedimentation conditions on the formation of soil properties.

The paper presents the systematization of sedimentation conditions, which made it possible to create an engineering-geological typification of rocks and determine the hierarchy within the formation by linking rocks and facies to genetic complexes.

Keywords: engineering geological typification, sandstones, clays, facies analysis, Permian sediments, Red-Colored Formation, terrigenous sediments, texture, facies, genetic complexes

For citation: Gainanov Sh.H. *Engineering-geological typing of rocks of red-colored terrigenous formation. Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences. 2025;(2):15–26* (in Russian) DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-15-26

Введение

Проблемам формирования пород красноцветных формаций аридного литогенеза посвящены работы многих видных советских и зарубежных авторов. История этих исследований достаточно длительна. Взгляды на эту проблему менялись по мере накопления информации – от И. Вальтера [7, 8], считавшего их типично пустынными образованиями, до современных, считающих условия их образования значительно более разнообразными. Перелом во взглядах был заложен Р.Д. Круни [3], Л.В. Пустоваловым [24].

Отечественная наука внесла значительный вклад в исследования этой проблемы. Прежде всего необходимо упомянуть классические работы Н.М. Страхова [31-33] и Л.Б. Рухина [25-26], в которых подробно изучены тектонические палеогеографические и фациальные условия образования толщ красноцветных пород. Позже отдельные положения, высказанные в этих трудах, были развиты в работах А.И. Анатольевой [4, 5], В.И. Игнатьева [15-17], Н.Н. Верзилина [9] и др. Региональным вопросам развития и образования красноцветов посвящены работы Г.И. Теодоровича [34], Н.Н. Форша [35], И.Г. Коробановой [19], З.А. Кривошеевой [20], А.В. Сочава [30], М.А. Плотникова [23], Т.С. Самодурова [27], Н.И. Чернышева [36,37], И.А. Печеркина [22], Л.А. Боткиной [6], С.Г. Саркисян [28, 29] и многих других исследователей.

В настоящей статьи рассматриваются вопросы формирования красноцветных отложений Западного Приуралья, так как по мнению автора именно она лежит в основе всех последующих преобразований этих пород включая и протекание современных экзогенных процессов.

В пределах Русской платформы пермские отложения прослеживаются к западу от Урала по-лосой протяженностью до 1000 км (рис. 1).

Основной задачей типизации пород описываемой формации в настоящей работе является установление пространственно-временной взаимосвязи и степени влияния генетических и литологических особенностей обстановок развития комплексов пород красноцветной терригенной формации на формирование инженерно-геологических свойств.

Учитывая поставленную задачу, автором не ставилось целью классификация всех пород формации. Были выделены наиболее характерные и играющие значимую роль с инженерно-геологической точки зрения генетические комплексы пород, позволяющие показать влияние многообразия условий осадконакопления на формирование свойств пород.



Рис. 1. Полоса выходов шешминской свиты в пределах Пермского края (по Казанцеву Ю.В., 1984.)

Fig. 1. Band of outcrops of the Sheshma Formation within the Perm Krai (according to Kazantsev Yu.V., 1984)

В статье приведена систематизация условий осадконакопления, которая позволила создать инженерно-геологическую типизацию пород и определить иерархию внутри формации посредством привязки пород и фаций к генетическим комплексам.

Результаты и обсуждение

Очевидное преобладание песчаников и глин (табл. 1) в красноцветной формации позволяет рассматривать их как имеющих наибольшее значение в строении массивов пород и играющих определяющую роль при оценке инженерно-геологических условий. В этой статье приводится типизация песчаников и глинистых пород красноцветной формации. Автор опирается на исследования авторов, опубликованных в работах [13, 14, 18] и на собственные полевые и лабораторные исследования пород красноцветной толщи, представленные пермскими отложениями в пределах главного пермского поля земного шара.

Таблица 1
Типовое литологическое строение красноцветной формации

Table 1

Typical lithologic structure of the red-colored formation

Горная порода	Генетический комплекс		
	Аллювиальный	Дельтовый	Бассейновый
Глина	5 %	25 %	40 %
Известняк	1 %	—	2 %
Алевролит	10 %	5 %	8 %
Песчаник	80 %	70 %	50 %
Конгломерат	4 %	—	—

Инженерно-геологические условия (ИГУ) определяются генетическими и постгенетическими процессами. Поэтому в качестве классификационных признаков выбраны: генетические комплексы, фациальные условия.

Влияние генетических комплексов и фациальных условий на формирование ИГУ достаточно полно рассмотрены в работах [10, 11, 12, 21]. Поэтому более детально остановимся на инженерно-геологических свойствах массива пород, являющихся средой или основанием сооружений. Для оценки несущей способности грунтового основания используют прочностные и деформационные характеристики пород. Одним из основных факторов, определяющих прочность на сжатие и модуль общей деформации, является прочность структурных связей, которую можно оценить через тип цементации. Поэтому в качестве классификационного признака выбран показатель характеризующий вид цемента.

Выявлены следующие типы цементов: 1) базальный; 2) порово-базальный; 3) поровый; 4) контактово-поровый; 5) контактовый (соприкосновения). Типы и содержание цементов в песчаниках приведены в таблице 2.

Содержание цемента зависит от преобладающего размера зерен, слагающих песчаники, который определяется условиями седиментации. В условиях большего уплотнения тип цемента зависит от размера зерен. Как отмечается Е.И. Сергеевым, с уменьшением зернистости возрастает прочность.

Таблица 2
Виды и содержание цементов в песчаниках

Table 2

Types and content of cements in sandstones

Генетический комплекс	Фация	Характеристика цемента		
		Тип	Состав	% содержания в фации
Аллювий	Русловая	базальный	карбонатный	70
		порово-базальный	глинисто-карбонатный	30
	периферия русла	порово-базальный	карбонатный	30
		поровый	глинисто-карбонатный	40
	Пойменная	контактный	карбонатно-глинистый	25
		контактный	глинистый	70
Дельта	верхняя часть	базальный	карбонатный	70
		поровый	глинисто-карбонатный	30
	нижняя часть	порово-контактный	глинистый	60
			карбонатно-глинистый	40
Бассейн	верхняя часть	базальный, поровый	карбонатный	60
	нижняя часть	базальный	карбонатный	30
		порово-базальный	глинисто-карбонатный	
		контактово-поровый	карбонатно-глинистый	10

Различие режимов и динамики осадконакопления определило особенности зернистости, характера и состава цементации в различных генетических комплексах и, как следствие, прочности песчаников. Так, песчаники сформировавшиеся в пределах седиментационного бассейна, при лучшей сортировке зерен отличаются от аллювиального и дельтового комплексов наибольшим разбросом зернистости.

Различие в содержании основных компонентов, влияющих на прочность песчаников различных фаций отражены на рисунке 2.

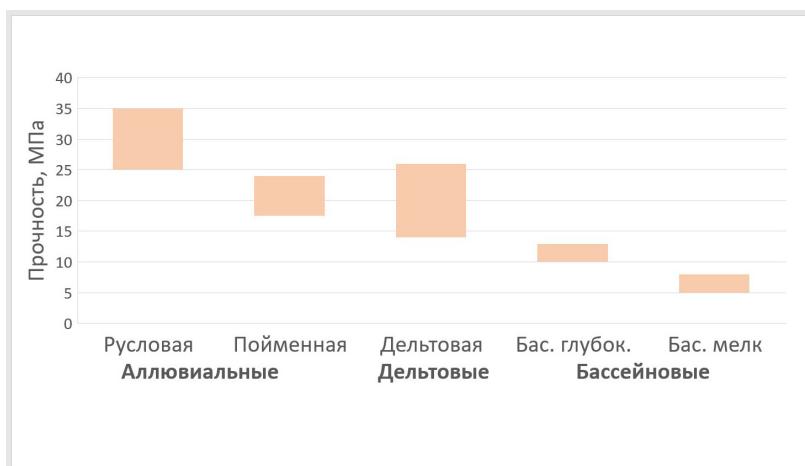


Рис. 2. Зависимость прочности (R_c , МПа) от фациальных условий осадконакопления

Fig. 2. Dependence of strength (R_c , MPa) on facies conditions of sedimentation

Анализ характера цементации в песчаниках различных фаций в генетических комплексах красноцветной формации позволяет выделить преобладающие типы цемента в них.

Как видно из рисунка 2, наиболее прочные типы песчаника представлены в русловой фации аллювия, верхней части дельтовых песчаников и верхней пачке бассейновых. Здесь преобладает карбонатный базальный и поровый цементы. Наименее прочные разновидности песчаника отличаются присутствием существенной доли глинистой составляющей в цементе и характерны для поймы и периферии русла, а также верхней пачки бассейновых отложений (рисунок 3).



Рис. 3. Зависимость глинистости песчаников от фациальных условий

Fig. 3. Dependence of sandstone clay content on facies conditions

На основании выявленных закономерностей формирования инженерно-геологических условий песчаников проведена их типизация (табл. 3).

Таблица 3
Инженерно-геологическая типизация песчаников

Table 3
Engineering-geological typification of sandstones

Генетический комплекс	Фации	Прочность сред. знач. R_c , МПа / Размах	Тип пород
Аллювиальный	Русловая	$\frac{33}{30 - 35}$	Аллювиальный русовой
	Пойменная	$\frac{22}{15 - 24}$	Аллювиальный пойменный
Дельтовая	Верхняя часть	$\frac{17}{14 - 26}$	Дельтовый, верхней части
	Нижняя часть	$\frac{12}{10 - 14}$	Дельтовый, нижней части
Бассейновый	Верхняя часть	$\frac{11}{10 - 13}$	Бассейновый, верхней части
	Нижняя часть	$\frac{4}{3 - 5}$	Бассейновый нижней части

Таким образом, генетические комплексы, фациальные условия осадконакопления и прочность пород, как комплексный показатель состава и структуры пород (тип и содержание цемента) положены в основу инженерно-геологической типизации песчаников.

В качестве классификационных признаков для глинистых грунтов выбраны: генетические комплексы, фациальные условия. Поэтому более детально остановимся на инженерно-геологических свойствах массива пород. Исследования показали, что основным фактором, определяющим инженерно-геологические свойства глин, является их текстура, которая определяется наличием и характером взаиморасположения в породе обломочного материала (алевритовых примесей) и карбонатов. По этому признаку выделяются 3 основных типа текстур: А – беспорядочная, Б – слоистая, В-пятнистая, среди которых выделяются ряд разновидностей (табл. 4).

В качестве третьего классификационного признака выбрана текстура глин. Кроме того свойства глин в значительной степени определяются вещественным составом, а именно: содержанием карбонатов, в меньшей степени – обломочного материала. Влияние карбонатности на прочность глин необходимо рассматривать с учетом их текстур.

Водопрочность рассматриваемых глин в значительной степени определяется вещественным составом, а именно: содержанием карбонатов, в меньшей степени – обломочного материала, а также глинистых минералов. Повышение карбонатности глинистых пород увеличивает устойчивость к размоканию в воде во всех видах глин, независимо от их текстур. На то же указывает зависимость водопрочности от фациальной принадлежности, которая контролирует содержанием карбонатов (рис. 4).

Таблица 4

Типы текстур глин

Table 4

Clay texture types

Типы текстур	Среднее содержание карбонатов, % / Размах	Разновидности текстур	Среднее Rc, МПа / Размах
Беспорядочная	$\frac{30}{15 - 45}$	—	$\frac{7}{7 - 8}$
Слоистая	$\frac{22}{14 - 30}$	прерывисто-неяснослоистая	$\frac{7,5}{7 - 8}$
	$\frac{6}{2 - 10}$	горизонтальная	$\frac{1}{1 - 2}$
		неяснослоистая	
	$\frac{4}{1 - 8}$	Прерывистая	
Пятнистая	$\frac{6}{2 - 10}$	линзовидная	$\frac{1,4}{1, - 2}$
	$\frac{3}{2 - 5}$	неравномерные сгустки	$\frac{0,8}{0,2 - 1,5}$
	$\frac{22}{14 - 30}$	неравномерно-хлопьевидная	$\frac{1,5}{1 - 3}$
		равномерно-хлопьевидная	$\frac{7,5}{6 - 9}$

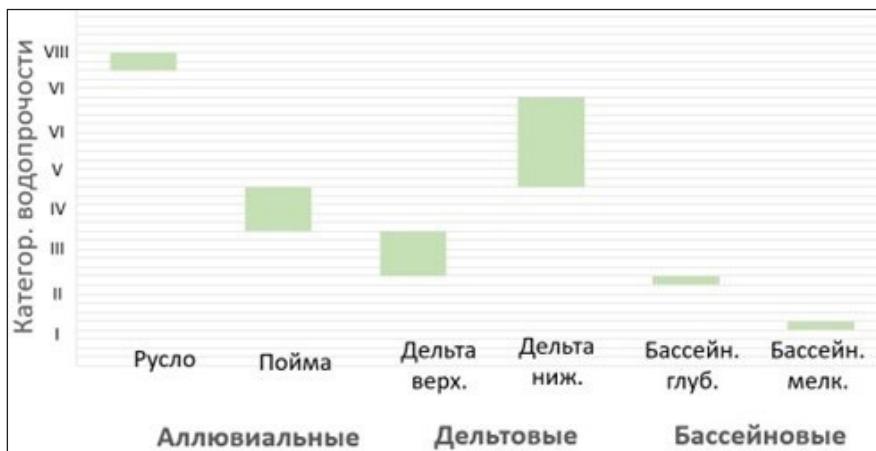


Рис. 4. Зависимость категории водопрочности глинистых пород от фациальных условий

Fig. 4. Dependence of clayey rocks water resistance on facies conditions

Периодическая смена гидродинамических обстановок способствовала затушевыванию четких закономерно направленных текстурных обстановок. Это было замечено и Н.М. Страховым [15]. Нестабильность условий осадконакопления выражалась в различии конфигурации дна, гидродинамического режима, глубины участка бассейна, смены областей сноса. Однако, некоторые закономерности привязки типов текстур глинистых пород красноцветов можно наблюдать по преобладающему их присутствию в выделенных генетических комплексах и фациях (рис. 5, 6).

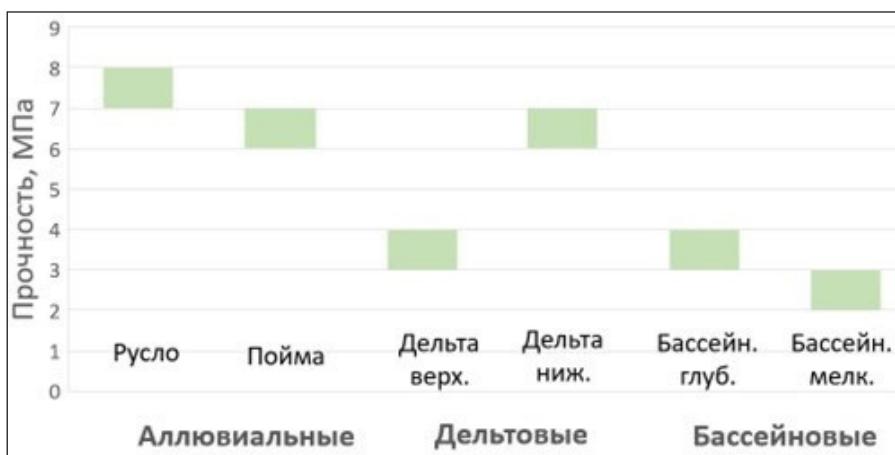


Рис. 5. Зависимость прочности R глинистых пород от фациальных условий

Fig. 5. Dependence of strength R of clayey rocks on facies conditions

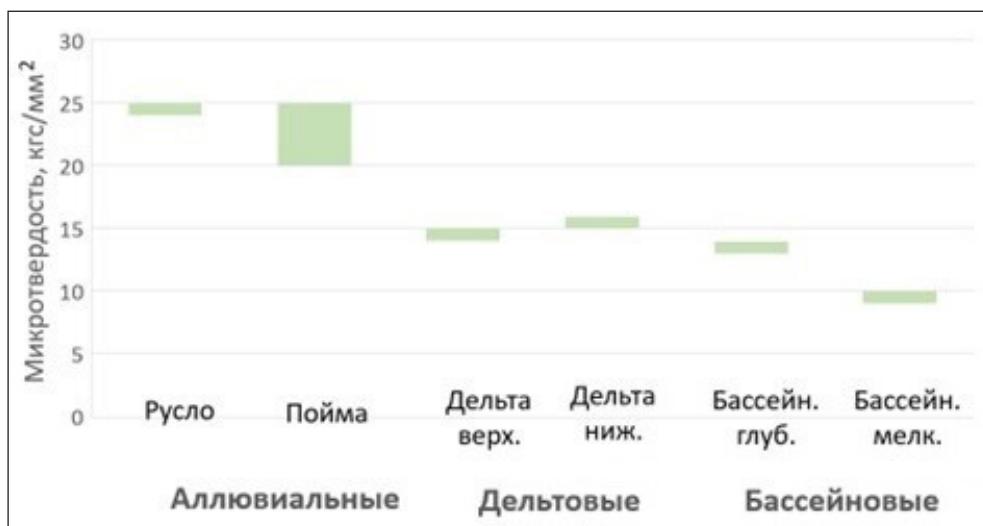


Рис. 6. Зависимость микротвердости глинистых пород от фации

Fig. 6. Dependence of microhardness of clayey rocks on facies

Таким образом, для глинистых грунтов красноцветной формации в основу типизации положены генетические комплексы, фациальные условия осадконакопления и текстура, выраженные через показатель прочности. Результаты типизации приведены в таблице 5.

Таблица 5

Типизация глинистых пород

Table 5

Typification of clay rocks

Генетический комплекс	Фация	Среднее Rc, МПа / Размах	Тип пород
Аллювиальный	русловая	$\frac{9}{8-11}$	аллювиальный, русловой
	пойменная	$\frac{7}{6-8}$	аллювиальный, пойменный
Дельтовый	верхняя	$\frac{4}{3-6}$	дельтовый, верхней части со слоистой текстурой
	Нижняя	$\frac{6}{4-8}$	дельтовый, нижней части со слоистой текстурой
Бассейновый	верхняя	$\frac{4}{3-5}$	бассейновый, верхней пачки с пятнистой текстурой
	Нижняя	$\frac{2}{1-3}$	бассейновый, нижней пачки с пятнистой текстурой

Заключение

Историко-геологический подход и применение фациального анализа позволили впервые разработать инженерно-геологическую типизацию основных пород красноцветной терригенной формации.

Генетические комплексы, фациальные условия осадконакопления и прочность пород, как комплексный показатель состава и структуры пород (тип и содержание цемента) положены в основу инженерно-геологической типизации песчаников.

Для глинистых грунтов красноцветной формации в основу типизации также положены генетические комплексы, фациальные условия осадконакопления, а кроме этого текстура глин, выраженная через показатель прочности.

Литература

- Gainanow Sh. Ch., Maximowitsch N.G. Bildungsbedingungen und mineralogische Besonderheiten der Oberperme Rotsedimente // MinPet 90 Internationales Simposium, Neue Bergbautechnik. 1990. Heft 9, September. P. 681- 686.
- Gainanow Sh., Petscherkin J. Über den EinfluB von eisenhaltigen Mineralen auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften und die Farbe von Sand- und Tonablagerungen // MinPet 90 Internationales Simposium, Neue Bergbautechnik. – 1983. – Heft 5, Mai. – P. 684-688.
- Krynine P.D. The origin of red beds. Trans. New York. Akad. Sci, Ser. II, № 3, 1949.
- Анатольева А.И. Главные рубежи эволюции красноцветных формаций / А.И. Анатольева. – Новосибирск: Наука, 1976. – 189 с.
- Анатольева А.И. Домезозойские красноцветные формации / А.И. Анатольева. – Новосибирск: Наука, 1972. – 346 с.
- Боткина Л.Н. Ритмы и циклы в осадочных горных породах / Л.Н. Боткина. – М.: Знание, 1977. – 48 с.

7. Вальтер И. История земли и жизни / И. Вальтер. – СПб., 1911. – 537 с.
8. Вальтер И. Законы образования пустынь в настоящее время / И. Вальтер. – Пер. с нем. А. Носкова. – СПб.: Брокгауз-Ефрон, 1911. – 201 с.
9. Верзилин Н.А. Закономерности аридного литогенеза и методы их выявления / Н.А. Верзилин. – Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1975. – 140 с.
10. Гайнанов Ш.Х. Этапы формирования инженерно-геологических свойств пород красноцветной терригенной формации Прикамья // Вестник Пермского университета. Геология. 2022. Т. 21. № 2. С. 111-123.
11. Гайнанов Ш.Х., Трусова А.В. Генетические типы песчаников красноцветной терригенной формации как основа для оценки их инженерно-геологических свойств // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 28-37.
12. Гайнанов Ш.Х., Трусова А.В. Типы текстур глинистых пород красноцветной терригенной формации и их влияние на прочностные свойства // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. № 2. С. 123-131.
13. Диагенез и катагенез осадочных образований : [пер. с англ.] / под ред. Г. Ларсена и Дж. В. Чилингара, [под ред. и с предисл. чл.-кор. АН СССР Н. Б. Вассоевича]. – Москва : Мир, 1971. – 464 с. : ил.; 27 см. – (Науки о Земле. Фундаментальные труды зарубежных ученых по геологии, геофизике и геохимии; т. 36)
14. Жемчужников Ю.А. Сезонная слоистость и периодичность осадконакопления [Текст]. – Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 71 с. : ил.; 25 см. – (Труды/ Акад. наук СССР. Геол. ин-т; Вып. 86).
15. Игнатьев В.И. Татарский ярус центральных и восточных областей Русской платформы / В.И. Игнатьев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1962-1963. – 2 т. Ч.1: Стратиграфия. Ч. 1. – 1962. – 334 с.
16. Игнатьев В.И. Формирование Волго-Уральской антеклизы в пермский период / В.И. Игнатьев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1976. – 256 с.
17. Игнатьев В.И. Эволюция представлений о геологии казанского яруса Русской платформы / В.И. Игнатьев. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1978. – 104 с.
18. Инженерно-геологическая типизация и изучение скальных массивов / Г. А. Голодковская, М. Матула, Л. В. Шаумян. – Москва : Изд-во МГУ, 1987. – 271с.
19. Коробанова И.Г. Закономерности формирования инженерно-геологических свойств терригенных отложений на разных стадиях литогенеза: докторская диссертация / И.Г. Коробанова. – М. 1980. – 499 с
20. Кривошеева З.А. Литолого-стратиграфическая характеристика верхнепермских красноцветных отложений среднего прикамья и чебоксарского Поволжья как основа для их инженерно-геологической оценки: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук / З.А. Кривошеева. – М., 1966. – 405 с.
21. Петтиджон Ф., Пески и песчаники [Текст] : [Пер. с англ.] / Ф. Петтиджон, П. Поттер, Р. Сивер. – Москва : Мир, 1976. – 535 с. : ил.; 26 см. – (Науки о Земле. Фундаментальные труды зарубежных ученых по геологии, геофизике и геохимии)
22. Печеркин И.А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Ч.2 / И. А. Печеркин. – Пермь, 1969. – 308 с.
23. Плотников М.А. Стратиграфия и литология верхнепермских отложений нижнего течения рек Мезени и Башки / М.А. Плотников. – М.-Л.: Наука, 1964. – 70 с.
24. Пустовалов Л. В. Условия осадкообразования в верхнепермскую эпоху / Л. В. Пустовалов // Проблемы советской геологии. – 1937. – № 11 (T.7).
25. Рухин Л.Б. Основы литологии / Л.Б. Рухин. – Ленинград: Недра, 1969. – 703 с.
26. Рухин Л.Б. Основы общей палеографии. Л., Гостехиздат, 1959.
27. Самодуров П.С. Минералогия и генезис лессовых и красноцветных пород юго-западной части СССР. Ч. 1, 2 / П.С. Самодуров. – Якутск, 1957. – 220 с.
28. Саркисян С.Г. Минералы осадочных пород / С.Г. Саркисян, И.А. Преображенский. – М.: Гостоптехиздат, 1954. – 463 с.
29. Саркисян С.Г. Петрографо-минералогические исследования верхнепермских и триасовых отложений Приуралья / С.Г. Саркисян. – Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949 – 192 с.
30. Сочава А.В. Красноцветы мела Средней Азии / А.В. Сочава. – Ленинград: Наука, 1968. – 120 с.
31. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза / Н.М Страхов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 2 т.
32. Страхов Н.М. Развитие литогенетических идей в России и СССР / Н.М. Страхов. – М.: Наука, 1971. – 608 с.

33. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли / Н.М. Страхов. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 535 с.
34. Теодорович Г.И. Фации и условия образования преимущественно терригенных отложений девона основной части Волго-Уральской области / Г.И. Теодорович. – М.: Наука, 1967. – 102 с
35. Форш Н.Н. Пермские отложения: Уфимская свита и казанский ярус / Н.Н. Форш. – Ленинград: Гостоптехиздат, 1955. – 156 с.
36. Чернышев Н.И. Строение и условия образования верхнепермских отложений юго-запада Пермской области: Автограф дис. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Н.И. Чернышев. – Саратов, 1962. – 19 с.
37. Чернышев Н.И. Тектоническая трещиноватость верхнепермских пород Пермско-Сарапульского Прикамья / Н.И. Чернышев // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1959. – № 12.

References

1. Gainanow Sh. Ch., Maximowitsch N.G. Bildungsbedingungen und mineralogische Besonderheiten der Oberpermer Rotsedimente. MinPet 90 Internationales Symposium, Neue Bergbautechnik. 1990. Neft 9, September. P. 681–686 (in German).
2. Gainanow Sh., Petscherkin J. Über den Einfluss von eisenhaltigen Mineralen auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften und die Farbe von Sand- und Tonablagerungen. MinPet 90 Internationales Symposium, Neue Bergbautechnik. 1983; Neft 5, Mai: 684–688 (in German).
3. Krynine P.D. The origin of red beds. Trans. New York. Akad. Sci. Ser. II, No. 3, 1949.
4. Anatoleva A.I. Main stages in the evolution of red-color formations. Novosibirsk: Nauka; 1976:189 (in Russian).
5. Anatoleva A.I. Pre-Mesozoic red-color formations. Novosibirsk: Nauka; 1972:346 (in Russian).
6. Botkina L.N. Rhythms and cycles in sedimentary rocks. Moscow: Znanie; 1977:48 s (in Russian).
7. Valter I. The history of Earth and life. Saint-Petersburg, 1911:537 (in Russian).
8. Valter I. The laws of desert formation in present time. Saint-Petersburg: Brokgauz-Efron, 1911:201 (in Russian, translated from German).
9. Verzilin N.A. The laws of arid lithogenesis and the methods of their detection. Leningrad: Leningrad University Press, 1975:140 (in Russian).
10. Gajnanov Sh.H. The stages in formation of engineering-geological properties of red-color rocks of terrigenous formation of Kama region. Bulletin of Perm University. Geology. 2022;2(21):111–123 (in Russian).
11. Gajnanov Sh.H., Trusova A.V. Genetic types of sandstones of the red-color terrigenous formation as a baseline for assessing their engineering-geological properties. Bulletin of Perm University. Geology. 2019;1(18):28–37 (in Russian).
12. Gajnanov Sh.H., Trusova A.V. Types of texture in clay rocks of red-color terrigenous formation and their impact on their structural behavior. Bulletin of Perm University. Geology. 2020;2(19):123–131 (in Russian).
13. Diagenesis and catagenesis of sedimentary formations. G. Larsen, Dzh. V. Chilingar (eds.). Moscow: Mir; 1971:464 (in Russian).
14. Zhemchuzhnikov Yu.A. Seasonal layers and periods of sediment accumulation. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ.; 1963:71 (in Russian).
15. Ignatev V.I. Tatar strata of central and eastern areas of the Russian platform. Kazan: Kazan University Press, 1962–1963; Vol. 2, part 1: Stratigraphy. 1962:334 (in Russian).
16. Ignatev V.I. The formation of the Volga-Ural antecline in the Perm period. Kazan: Kazan University Press; 1976:256 (in Russian).
17. Ignatev V.I. The evolution of the views on geology of the Kazan starta of the Russian platform. Kazan: Kazan University Press; 1978:104 (in Russian).
18. Golodkovskaya G.A., Matula M., Shaumyan L.V. Engineering-geological typification and the study of rock massifs. Moscow: Moscow University Press; 1987:271 (in Russian).
19. Korobanova I.G. The laws of formation of engineering-geological properties of terrigenous sediments at different stages of lithogenesis. Doctor's dissertation. Moscow. 1980:499 (in Russian).
20. Krivosheeva Z.A. Lithological and stratigraphic characteristics of the Upper Permian red-colored deposits of the middle Kama and Cheboksary Volga regions as a basis for their engineering-geological assessment. Candidate's dissertation (Geology and Mineralogy). Moscow. 1966:405 (in Russian).

21. Pettidzhon F., Potter P., Siver R. et al. *Sands and sandstones*. Moscow: Mir; 1976:535 (in Russian, translated from English).
22. Pecherkin I.A. *Geodynamics of the coasts of the Kama reservoirs*, p. 2. Perm; 1969:308 (in Russian).
23. Plotnikov M.A. *Stratigraphy and lithology of the Upper Permian deposits of the lower reaches of the Mezen and Bashka rivers*. Moscow, Leningrad: Nauka, 1964. – 70 s (in Russian).
24. Pustovalov L. V. Sedimentation conditions in the Upper Permian age. *Issues of Soviet Geology*. 1937;11(7) (in Russian).
25. Ruhin L.B. *Fundamental lithology*. Leningrad: Nedra; 1969:703 (in Russian).
26. Ruhin L.B. *Fundamentals of general paleography*. Leningrad: Gostekhizdat; 1959 (in Russian).
27. Samodurov P.S. Mineralogy and genesis of loess and red-colored rocks of the southwestern part of the USSR. Parts 1, 2. Yakutsk, 1957:220 (in Russian).
28. Sarkisyan S.G., Preobrazhenskij I.A., Sarkisyan S.G. *Sedimentary minerals*. Moscow: Gostoptekhizdat; 1954:463 (in Russian).
29. Sarkisyan S.G. *Petrographic and mineralogical studies of the Upper Permian and Triassic deposits of the Urals*. Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences Publ.; 1949:192 (in Russian).
30. Sochava A.V. *Red chalks of Central Asia*. Leningrad: Nauka, 1968:120 (in Russian).
31. Strahov N.M. *Fundamental theory of lithogenesis*. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ.; 1960 (in Russian).
32. Strahov N.M. *The evolution of lithogenesis ideas in Russia and the USSR*. Moscow: Nauka; 1971:608 (in Russian).
33. Strahov N.M. *Types of lithogenesis and their evolution in the earth history*. Moscow: Gosgeoltekhnizdat; 1963:535 (in Russian).
34. Teodorovich G.I. *Facies and conditions of formation of predominantly terrigenous deposits of the Devonian in the main part of the Volga-Ural region*. Moscow: Nauka; 1967:102 (in Russian).
35. Forsh N.N. *Permian deposits: Ufa suite and Kazan strata*. Leningrad: Gostoptekhizdat; 1955:156 (in Russian).
36. Chernyshev N.I. Structure and conditions of formation of Upper Permian deposits in the southwest of the Perm region: Summary of Candidate's dissertation geology and Mineralogy). Saratov; 1962:19 (in Russian).
37. Chernyshev N.I. Tectonic fracturing of the Upper Permian rocks of the Perm-Sarapul Prikamye. *Proceedings of Higher Educational Establishments. Geology and Exploration*. 1959; 12 (in Russian).

Об авторе

ГАЙНАНОВ Шарифзан Хатинович – к.г.-м.н., доц. каф. Инженерной геологии и охраны недр ФГАОУ ВО «ПГНИУ», г. Пермь, Российская Федерация, SPIN: 9319-3297
E-mail: gaynanov@inbox.ru

About the author

Sharibzan Khatinovich GAINANOV – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Docent, Associate Professor, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, PGNIU”, SPIN: 9319-3297
E-mail: gaynanov@inbox.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Submitted 03.04.2025
Принята к публикации / Accepted 20.05.25