

Научная статья

УДК 004.9:552:553.98:551.3.051

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_93-106

Ключевые слова: бассейновое моделирование, программное обеспечение, крап горной породы, эталонная база изобразительных средств, осадочные породы, метаморфические породы, магматические породы

Для цитирования: Зинченко И. А. Обозначения состава и структур горных пород при выполнении бассейнового моделирования // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 2. С. 93–106. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_93-106

Original article

UDC 004.9:552:553.98:551.3.051

doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_93-106

Keywords: basin modeling, software, lithological pattern, standard of graphic arts, sedimentary rocks, metamorphic rocks, igneous rocks

For citation: Zinchenko I. A. Symbolization of rock composition and structure in basin modeling. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (2): 93–106. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_102_93-106



© И. А. Зинченко, 2025

Обозначения состава и структур горных пород при выполнении бассейнового моделирования

И. А. Зинченко✉

Группа компаний «Газпром нефть», Санкт-Петербург, Россия,
Zinchenko.IA@gazprom-neft.ru✉

Аннотация. Представлен сравнительный обзор стандартов крапов горных пород, используемых за рубежом и на территории Российской Федерации. Отмечена проблема использования зарубежных стандартов при графическом представлении результатов бассейнового моделирования. Приведены основные характеристики редактора литотипов, входящего в состав программного обеспечения для моделирования. Оценены возможности настройки визуализации построенных бассейновых моделей. Описан процесс адаптации крапов из эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты-200 для всех литотипов библиотеки программного обеспечения. Предложено использование цветных крапов для повышения информативности визуализации модели распределения литотипов. Дополнительно определены крапы для графического представления смешанных литотипов, используемых при работе как с традиционными, так и с нетрадиционными углеводородными системами. Адаптированные для программного обеспечения крапы литотипов могут быть использованы как при построении наиболее простых одномерных моделей по скважинам, так и для сложных постоянно действующих трехмерных бассейновых моделей. На примере визуализации одномерной бассейновой модели по Кольской сверхглубокой скважине продемонстрированы различия между адаптированными крапами эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты-200 и стандартной библиотекой программного обеспечения.

Symbolization of rock composition and structure in basin modeling

I. A. Zinchenko✉

Gazprom Neft Group of Companies, Saint Petersburg, Russia,
Zinchenko.IA@gazprom-neft.ru✉

Abstract. The paper presents a comparative review of lithological pattern standards used abroad and in the Russian Federation. There is a difficulty in employing foreign standards in the graphical representation of basin modeling results. The author provides the main characteristics of the lithotype editor from the modeling software. The potential to customize visualization of the basin models was evaluated. The author describes the process of pattern adaptation from the standard of graphic arts for the State Geological Map (scale of 1 : 200,000) to all lithotypes included in the software library. It is proposed to use coloured lithological patterns to increase the informative value of the lithotype distribution model visualization. There are additionally defined patterns for the graphic representation of mixed lithotypes used in both conventional and unconventional petroleum systems. Software-adapted lithological patterns can be used both for constructing the simplest one-dimensional models of boreholes and for complex, continuously operating three-dimensional basin models. Illustrative differences between the adapted patterns from the standard of graphic arts for the State Geological Map (scale of 1 : 200,000) and standard software library serve as an example of visualizing a one-dimensional basin model for the Kola Superdeep Borehole.

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия бассейновое моделирование и моделирование углеводородных систем прочно вошли в практику геологоразведочных работ на территории Российской Федерации. Построены многочисленные модели различного масштаба и сложности — от наиболее простых одномерных по отдельным скважинам до региональных 3D-моделей осадочных бассейнов. Тем не менее при графическом представлении результатов моделирования в большинстве случаев не используются российские стандарты, так как программное обеспечение (далее — ПО) разработано за рубежом. В то же время ПО предоставляет пользователю возможность гибкой настройки визуализации построенных бассейновых моделей [1].

Сравнительный обзор стандартов крапов состава и структур горных пород, используемых при составлении геологической графики за рубежом и на территории Российской Федерации

Необходимость создания стандартов при составлении геологической графики возникла много десятков лет назад. В век цифровых технологий и больших объемов данных проблема стандартизации стала еще более актуальной.

Силами Геологической службы США (USGS) в сотрудничестве с членами Национальной геологической картографической базы данных США (NGMDB) был разработан документ “FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization”¹, принятый Федеральным комитетом США по географическим данным (FGDC). Документ представляет собой единый национальный стандарт, обязательный для применения при построении цифровых геологических карт. В нем приведены линейные и точечные символы, цвета и крапы для изображения различных объектов на геологических картах.

При подготовке документа были учтены ранее разработанные стандарты, например, положения частей 1–4 стандарта 710 Международной организации по стандартизации (ISO)², в которых приводятся основные символы геологической карты. Стандарт имеет богатую историю: его разработка и совершенствование ведется Геологической службой США с 1881 г., актуальная версия подготовлена и опубликована в августе 2006 г.³ В ее состав входят 117 уникальных крапов для изображения литотипов: 84 — для осадочных, 10 — для метаморфических и 23 — для магматических горных пород.

Еще одним широко применяемым стандартом за рубежом является “Shell Standard Legend — Discipline Quality Standard” (SSL), разработанный нефтегазовой компанией Shell для унификации символов, применяемых в сфере разведки и добычи углеводородов. Главной задачей документа является распространение стандарта внутри компании, а также его применение в производственных и академических целях.

Подобно стандарту Геологической службы США, SSL имеет богатую историю. Далеким предшественником современного документа считается работа 1917 г., посвященная проблеме унификации при составлении геологических отчетов [2]. На ее основе в 1932 г. был разработан документ “Standard Legend for Field Sections”. В течение XX в. стандарт SSL дополнялся и в 1995 г. вышло его наиболее широко распространенное издание³. Дальнейшее развитие SSL обусловлено внедрением компьютеров и развитием ГИС-систем. Актуальная версия SSL подготовлена и опубликована в сентябре 2016 г. в двух вариантах — RED⁴ и GREEN⁵, отличающихся цветом условных обозначений нефти и газа (в RED нефть изображается оттенками красного цвета, а газ — оттенками зеленого, в GREEN — наоборот).

В состав современной версии SSL входят 56 уникальных крапов для изображения горных пород, которые практически полностью повторяют использовавшиеся ранее, например, в версии “Shell Exploration & Production Standard Legend” 1995 г. Часть крапов идентична используемым в стандарте Геологической службы США “FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization”, однако есть и различия, касающиеся в том числе изображения таких широко распространенных горных пород, как песчаник и глинистый сланец.

На территории Российской Федерации основным руководящим документом при создании геологических карт является эталонная база изобразительных средств Госгеолкарты-200 (далее — ЭБЗ 200), которая, в отличие от стандартов Геологической службы США и компании Shell, развивается значительно динамичнее. Несмотря на уже имеющийся внушительный набор крапов для изображения литотипов, счет которых идет на сотни, в ЭБЗ 200

¹Federal Geographic Data Committee. FGDC Digital cartographic standard for geologic map symbolization. Doc. no. FGDC-STD-013-2006. Reston, VA : Federal Geographic Data Committee, 2006. 290 p. URL: https://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd/fgdc-geolsym-all.pdf (дата обращения: 23.02.2025).

²ISO 710-1:1974 Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections. Part 1: General rules of representation. URL: <https://www.iso.org/standard/4919.html> (дата обращения: 23.02.2025) ; ISO 710-2:1974 Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections. Part 2: Representation of sedimentary rocks. URL: <https://www.iso.org/standard/4920.html> (дата обращения: 23.02.2025) ; ISO 710-3:1974 Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections. Part 3: Representation of magmatic rocks. URL: <https://www.iso.org/standard/4921.html> (дата обращения: 23.02.2025) ; ISO 710-4:1982 Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections. Part 4: Representation of metamorphic rocks. URL: <https://www.iso.org/standard/4922.html> (дата обращения: 23.02.2025).

³Shell exploration & production standard legend 1995 / Comp., Ed. W. G. Witt. Hague : Shell International Exploration and Production B. V., 1995. URL: <https://energistics.org/sites/default/files/2022-10/STANDLEG.PDF> (дата обращения: 23.02.2025).

⁴Shell standard legend (RED). Discipline quality standard (SR.12.12047) / Ed. B. Hulshof. September 2016. URL: https://www.iogp.org/wp-content/uploads/2014/01/SR.12.12047_-_Shell_Standard_Legend_RED_Discipline_Quality_Standard.pdf (дата обращения: 23.02.2025).

⁵Shell standard legend (GREEN). Discipline quality standard (SR.12.12048) / B. Hulshof. September 2016. URL: https://www.iogp.org/wp-content/uploads/2014/01/SR.12.12048_-_Shell_Standard_Legend_GREEN_Discipline_Quality_Standard.pdf (дата обращения: 23.02.2025).

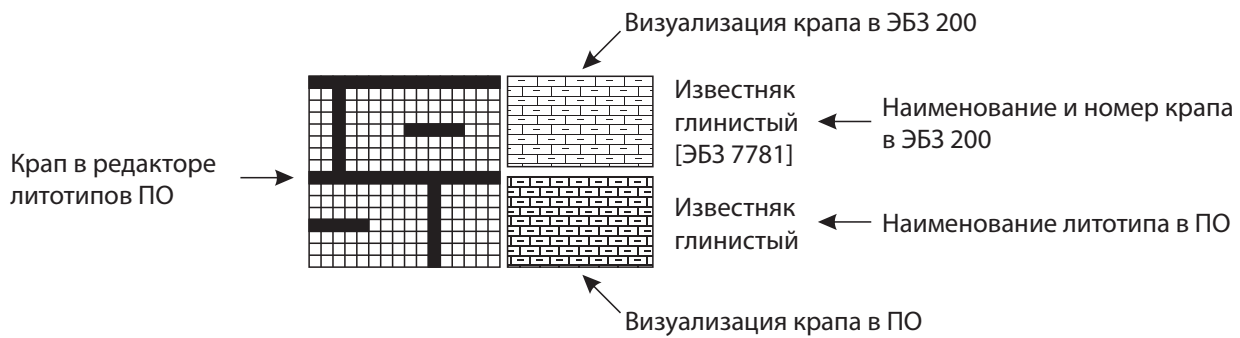


Рис. 1. Легенда для рис. 2–7

Fig. 1. Legend for figs. 2–7

систематически добавляются новые. Актуальной версией ЭБЗ 200 является X.01.08.01, дата последней модификации — 13.03.2024.¹

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Редактор литотипов, входящий в состав ПО для бассейнового моделирования [3], позволяет просматривать подробную информацию об их свойствах. Каждый литотип характеризуется физическими параметрами: удельной теплопроводностью, радиогенным теплом, теплоемкостью, уплотнением, проницаемостью и т. д. Редактор позволяет редактировать свойства, заданные в библиотеке по умолчанию, и создавать смешанные литотипы.

Кроме перечисленных опций, редактор позволяет назначать крап, вид которого задается сеткой 16 × 16 точек (рис. 1) и цветом в модели RGB (англ. “Red, Green, Blue” — красный, зеленый, синий). Крапы литотипов, используемые в библиотеке ПО [3], основаны на стандартах Геологической службы США “FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization” и SSL.

Большая часть крапов, заложенных в ПО, не соответствует принятым стандартам, предъявляемым к оформлению геологической информации на территории Российской Федерации. В связи с этим возникла необходимость адаптировать крапы из ЭБЗ 200 для использования в ПО.

Многие стандартные крапы невозможно разглядеть невооруженным глазом при визуализации бассейновой модели. На любом мониторе на каждый из четырех слоев использующегося по умолчанию крапа известняка будет приходиться менее 1 мм экранного пространства. Это мелко даже для изображения крапа известняка без примесей, а графические элементы глинистости делают его практически нечитаемым на экране. По этой причине масштаб адаптированных крапов изменен вдвое относительно используемых по умолчанию — например, вместо 4 слоев извест-

няка по 4 точки высотой предлагается использовать лишь 2 слоя по 8 точек (рис. 1) и т. д.

В библиотеке ПО представлены литотипы для осадочных, метаморфических и магматических пород.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Осадочные породы

Осадочные породы с точки зрения бассейнового моделирования представляют наибольший интерес. Отдельно выделены обломочные, карбонатные, хемогенные и биогенные горные породы.

Обломочные горные породы представлены алевролитами, глинистыми сланцами, конгломератами и песчаниками (рис. 2). Для изображения алевролитов в ЭБЗ 200 используются 7 крапов, для адаптации был выбран наиболее обобщенный — «7720 Алевролиты». Всем разновидностям глинистых сланцев по умолчанию в редакторе отведен 1 крап, в ЭБЗ 200 дополнительно определен крап глинисто-кремнистого сланца. В ЭБЗ 200 введены несколько типов конгломератов — валунные, галечные, гравийные, граувакковые галечные, а также туфоконгломерат и валунный туфоконгломерат, для адаптации был выбран крап «7670 Конгломераты галечные». Кроме стандартного крапа для изображения песчаников, в ЭБЗ 200 определены крапы для аркозовых и граувакковых песчаников, которые также предлагаются к использованию.

Карбонатные породы в стандартной библиотеке ПО представлены доломитами, известняками, мелом и мергелями (рис. 2). Для каждого из перечисленных литотипов в ЭБЗ 200 есть свой аналог.

Хемогенные породы представлены ангидритом, гипсом, кремнем и солями (рис. 3). В ЭБЗ 200 определены все из рассматриваемых литотипов, крап «8790 Соли каменные» предлагается использовать для обозначения как каменных солей, так и галита/полигалита.

Биогенные породы представлены диатомитами и каменными углями (рис. 3), крапы для которых также определены в ЭБЗ 200 («7767 Диатомит» и «7761 Угли каменные»).

¹Эталонная база изобразительных средств Госгеолкарты-200/2. Версия X01.08.01 от 13.03.2024. URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/normdocs/ggk200/ebz_200_x01-08-01_130324.zip (дата обращения: 23.02.2025).

Обломочные горные породы

		Алевролиты [ЭБЗ 7720]		Аргиллиты, глинистые сланцы [ЭБЗ 7730]
		Алевролиты		Глинистые сланцы
		Глинисто-кремнистый сланец [ЭБЗ 7926]		Конгломераты галечные [ЭБЗ 7670]
		Глинисто-кремнистые сланцы		Конгломераты
		Песчаники [ЭБЗ 7710]		Песчаники аркозовые [ЭБЗ 7904]
		Песчаники		Песчаники аркозовые
		Песчаники граувакковые [ЭБЗ 7905]		
		Песчаник граувакковый		

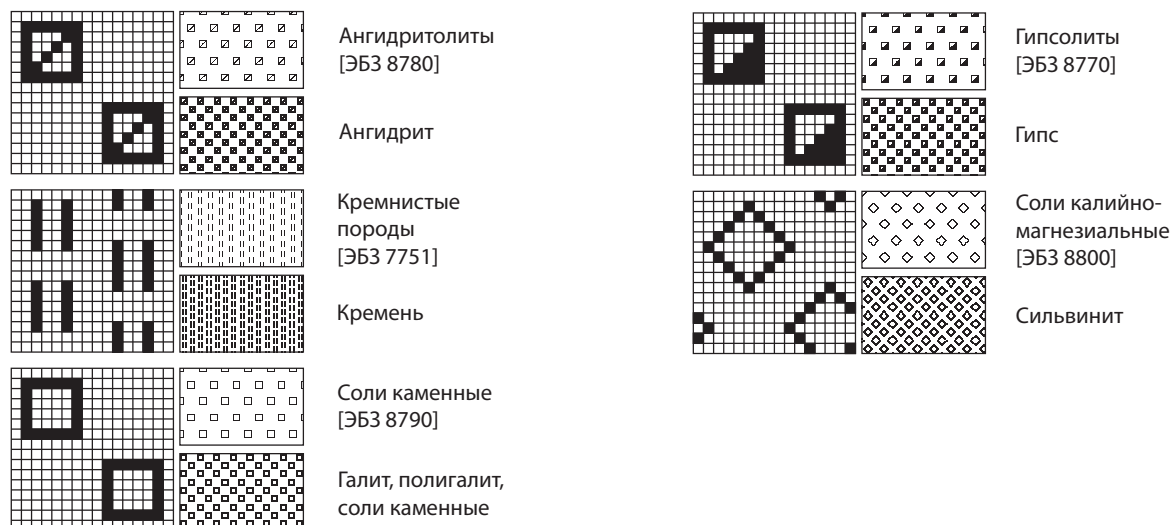
Карбонатные породы

		Доломиты [ЭБЗ 8140]		Доломит песчанистый [ЭБЗ 7783]
		Доломиты		Доломит песчанистый
		Известняки [ЭБЗ 8130]		Известняк глинистый [ЭБЗ 7781]
		Известняки		Известняк глинистый
		Известняк оолитовый [ЭБЗ 7702]		Мел [ЭБЗ 7779]
		Известняк оолитовый		Мел
		Мергели [ЭБЗ 7760]		
		Мергели		

Рис. 2. Адаптация крапов обломочных и карбонатных пород

Fig. 2. Adaptation of patterns for clastic and carbonate rocks

Хемогенные породы



Биогенные породы



Метаморфические породы

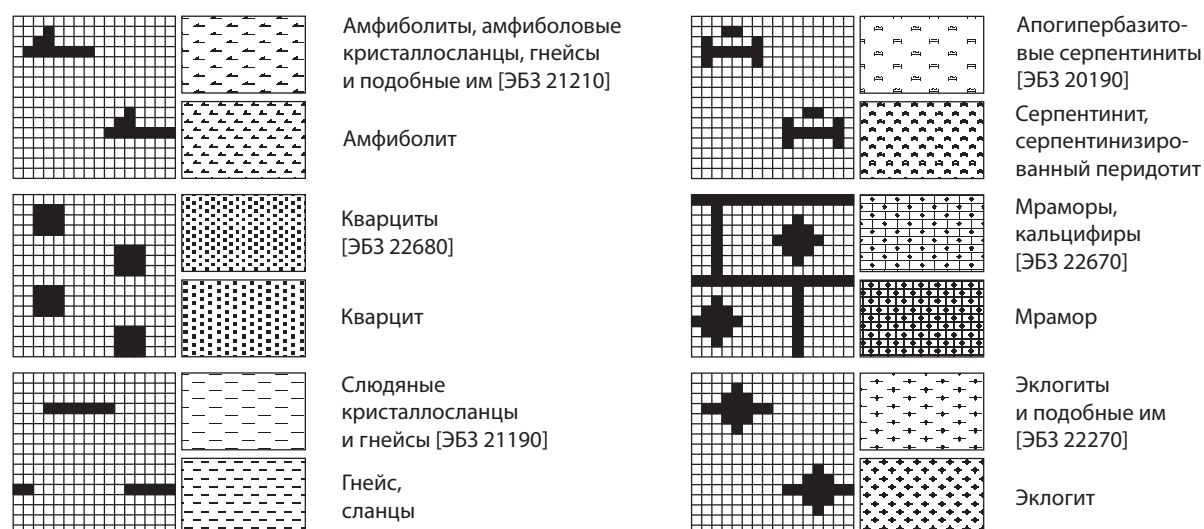


Рис. 3. Адаптация крапов хемогенных, биогенных и метаморфических пород

Fig. 3. Adaptation of patterns for chemical, biogenic, and metamorphic rocks

Метаморфические породы

Библиотека метаморфических пород в ПО представлена амфиболитом, гнейсом, кварцитом, мрамором, серпентинитом, сланцами и эклогитом (рис. 3).

Для изображения кварцита, мрамора и эклогита в ЭБЗ 200 есть соответствующие крапы. Для амфиболита выбран крап «21210 Амфиболиты, амфиболовые кристаллосланцы, гнейсы и подобные им», для серпентинита — «20190 Апогипербазитовые серпентиниты».

В терминологии, используемой при работе с метаморфическими породами американскими и российскими геологами, есть некоторые отличия. Так, в американской трактовке термина «гнейс» минеральный состав не является существенным фактором при определении породы, структура породы имеет преимущественное значение [4]. В русской литературе он обычно означает метаморфическую породу, в которой кварц и полевые шпаты относятся к главным породообразующим минералам [5]. Для обозначения гнейса условно выбран крап «21190 Слюдяные кристаллосланцы и гнейсы». Поскольку в стандартной библиотеке литотипов не указан минеральный состав сланцев, для изображения как слабометаморфизованных сланцеватых пород (англ. “slate”), так и кристаллических сланцев (англ. “schist”) использован этот же крап.

Магматические породы

Магматические породы в библиотеке ПО представлены широким спектром plutonic и вулканических пород (рис. 4). Адаптация крапов магматических пород явилась наиболее сложной задачей по причине существования ряда подходов к систематике и классификации магматических пород, а также различий в терминологии за рубежом и на территории Российской Федерации.

Крапы магматических пород в ЭБЗ 200 дополнительно делятся в зависимости от принадлежности к петрохимическому ряду (нормальный, умереннощелочной, щелочной), а также по структуре (зернистости) пород. Предпочтение отдавалось крупнозернистым разновидностям и наиболее обобщенным крапам.

Крапы магматических пород используются также для обозначения состава земной коры.

Интрузивные (плутонические и гипабиссальные) породы

К интрузивным породам в библиотеке ПО относятся альбитит, анортозит, бронзитит, диорит, дунит, габбро, гранит, гранодиорит, гарцбургит, гиперстенит, лампрофиры, лерцолит, монцониты, перидотиты, пироксенит, сиениты, тоналит и ультрамафические породы.

Крап альбитита в ЭБЗ 200 не определен. Согласно [6], альбитит является разновидностью щелочно-полевошпатового сиенита, состоящего почти

полностью из альбита. По этой причине выбран крап «17930 Сиениты крупнозернистые».

Для бронзитита, который является ортопироксенитом, почти полностью состоящим из бронзита [6], выбран крап «17860 Пироксениты-горнблендиты (ультрамафиты основные) крупнозернистые». Для гиперстенита (ортопироксенита, почти полностью сложенного гиперстеном [6]), пироксенита (ультрамафической плутонической породы, состоящей главным образом из пироксена [6]) и ультрамафитов предлагается использовать этот же крап.

Для дунита (ультрамафической плутонической породы, состоящей преимущественно из оливина [5; 6]) использован крап «17890 Оливиниты-дуниты крупнозернистые». Для перидотита в ЭБЗ 200 выбран соответствующий крап «17880 Перидотиты крупнозернистые», он же использован для изображения гарцбургита и лерцолита, которые относятся к перидотитам [5; 6].

Перидотиты, как правило, подвергаются эпигенетическому изменению и превращаются в серпентиниты [6]. По этой причине литотипу серпентинизированного перидотита можно в соответствии задать крап «20190 Апогипербазитовые серпентиниты» (рис. 3).

В состав стандартной библиотеки ПО входят три литотипа сиенитов (один обычный и два нефелиновых, отличающихся друг от друга значением пористости — 1 и 5 %). Для обычного сиенита выбран крап «17930 Сиениты крупнозернистые». Согласно [5; 6], нефелиновый сиенит является разновидностью фельдшпатоидного сиенита, поэтому в ЭБЗ 200 этим двум литотипам можно поставить в соответствие крап «18000 Фельдшпатоидные сиениты крупнозернистые».

Тоналиту, который представляет собой разновидность гранодиорита [5], задан в соответствии крап «17830 Гранодиориты крупнозернистые».

В ЭБЗ 200 отсутствует крап для изображения лампрофиров, по этой причине предлагается использовать заданный в ПО крап по умолчанию.

Эффузивные (вулканические) породы

К указанной группе магматических пород в библиотеке ПО относятся андезит, базальт, диабаз, долерит, риолит и туфы.

Для андезита из 4 крапов, представленных в ЭБЗ 200 (андезиты; трахиандезиты, латиты; андезиты двупироксеновые; андезиты роговообманковые), использован наиболее общий — «9420 Андезиты». Для риолита в ЭБЗ 200 есть соответствующий крап «9390 Риолиты».

Диабаз — среднезернистая порода, близкая по составу к базальту, синонимичный термин — «долерит» [6]. Поскольку крапы диабаза и долерита в ЭБЗ 200 не определены, принято решение использовать общий крап «9460 Базальты» для базальтов и перечисленных литотипов.

Отдельного внимания заслуживают крапы туфов — если в стандарте Геологической службы США “FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map

Интрузивные (плутонические и гипабиссальные) породы

		Анортозит крупнозернистый [ЭБЗ 20050]			Габбро кварцевое крупнозернистое [ЭБЗ 20060]
		Граниты крупнозернистые [ЭБЗ 17820]			Гранодиориты крупнозернистые [ЭБЗ 17830]
		Диориты крупнозернистые [ЭБЗ 17840]			Кварцевый монцонит крупнозернистый [ЭБЗ 20100]
		Монцониты крупнозернистые [ЭБЗ 17940]			Оливиниты-дуниты крупнозернистые [ЭБЗ 17890]
		Перидотиты крупнозернистые [ЭБЗ 17880]			Пироксениты-горнблендиты (ультрамафиты) крупно- зернистые [ЭБЗ 17860]
		Сиениты крупнозернистые [ЭБЗ 17930]			Фельдшпатоидные сиениты крупнозернистые [ЭБЗ 18000]

Эффузивные (вулканические) породы

		Андезиты [ЭБЗ 9420]			Базальты [ЭБЗ 9460]
		Риолиты [ЭБЗ 9390]			Туфы кислого состава нормального ряда [ЭБЗ 10720]
		Туфы основного состава нормального ряда [ЭБЗ 10740]			

Рис. 4. Адаптация крапов магматических пород

Fig. 4. Adaptation of patterns for igneous rocks

Symbolization” приведен лишь один вариант, то в ЭБЗ 200 крапы туфов кислого и основного состава представлены в трех разновидностях в зависимости от петрохимического ряда (нормальный, умеренно-щелочной, щелочной). Для адаптации были выбраны крапы туфов нормального ряда.

Цветовое определение крапов литотипов

Использование цветных крапов в ПО необходимо для корректной визуализации модели распределения литотипов — в противном случае (при использовании крапов черно-белого цвета) она потеряет информативность. В библиотеке ПО всем литотипам, кроме каменного угля, присвоен цвет, отличный от черного. В ЭБЗ 200 версии X.01.08.01 от 13.03.2024 альтернатива черно-белым крапам не приводится.

В стандарте “Shell Exploration & Production Standard Legend” для горных пород определены цветные литологические крапы как альтернативные черно-белым, в приложении к SSL приведены кодировки для цветовых моделей RGB и CMYK. Для большей части литотипов библиотеки ПО в стандарте SSL определен цвет. В этом плане стандарт SSL

является более полным, поскольку в ПО, например, не используются литотипы диамиктита и офиолитов. С другой стороны, кремень и диатомиты, входящие в состав стандартной библиотеки ПО, напротив, не представлены в составе SSL (таблица).

Нельзя не упомянуть попытки Геологической службы США создать базу эталонных цветов для различных литотипов. В опубликованном докладе Геологической службы США¹ были предложены цветовые кодировки в модели RGB для North American Geologic Map Data Model версий 4.3, 6.1 и 6.2, а также проектный вариант для State Geologic Map Compilation, однако в выпущенном годом позднее стандарте “FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization” приведены цвета исключительно для пород магматического происхождения.

Во введении к докладу указывается, что традиционно оттенки желтого используются для несцементированного материала, розового — для гранитных пород, фиолетового — для ультрамафических пород, синего — для карбонатных пород, от темно-желтого до светло-оранжевого — для песчаников, серого — для глинистых сланцев, что в целом согласуется с цветами литотипов, используемых в SSL (таблица).

Цветовое обозначение крапов литотипов в стандарте “Shell Exploration & Production Standard Legend”

Colour designation of lithological patterns in the “Shell Exploration & Production Standard Legend”

Литотип	Цвет	Модель RGB			Модель CMYK			
		R	G	B	C	M	Y	K
Гравий, конгломерат, брекчия		107	142	35	58	44	87	0
Песок, песчаник		255	255	0	0	0	100	0
Алеврит, алеврит		154	255	154	40	0	40	0
Глина, глинистый сланец		127	127	127	0	0	0	50
Диамиктит		165	42	42	35	84	84	0
Мергель, известковая глина		124	252	0	51	1	100	0
Известняк, мел		128	255	255	50	0	0	0
Доломит		128	128	255	50	50	0	0
Гипс, ангидрит		255	128	255	0	50	0	0
Каменная соль		127	255	212	50	0	17	0
Каменные угли		0	0	0	0	0	0	100
Плутонические породы		255	20	147	0	92	42	0
Вулканические породы		255	165	0	0	35	100	0
Офиолиты		102	205	170	60	20	34	0
Метаморфические породы		250	128	114	2	50	54	0

Источник: по W. G. Witt*

Source: from W. G. Witt**

¹Methods to create ArcMap® Styles with examples for lithology and time. U. S. Geological Survey Open-File Report 2005-1314 / L. A. Moyer [et al.]. 21 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/of/2005/1314/of2005-1314.pdf> (дата обращения: 23.02.2025).

*Shell exploration & production standard legend 1995 / Comp., Ed. W. G. Witt. Hague : Shell International Exploration and Production B. V., 1995. URL: <https://energistics.org/sites/default/files/2022-10/STANDLEG.PDF> (дата обращения: 23.02.2025).

**Shell exploration & production standard legend 1995 / Comp., Ed. W. G. Witt. Hague: Shell International Exploration and Production B. V.; 1995. URL: <https://energistics.org/sites/default/files/2022-10/STANDLEG.PDF> (accessed 23.02.2025).

Базовые литотипы

- 1 — литотип с преобладанием глины
 2 — литотип с преобладанием карбонатов
 3 — литотип с преобладанием кремния

Аргиллиты

- 4 — богатый кремнием глинистый
 5 — смешанный глинистый
 6 — богатый карбонатом глинистый
 7 — богатый кремнием карбонатный
 8 — смешанный карбонатный
 9 — богатый глиной карбонатный
 10 — богатый глиной кремнистый
 11 — смешанный кремнистый
 12 — богатый карбонатом кремнистый
 13 — глинисто-кремнистый
 14 — глинисто-карбонатный (мергель)
 15 — карбонатно-кремнистый
 16 — смешанный

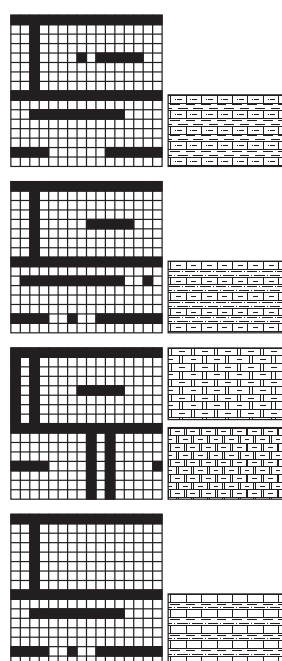
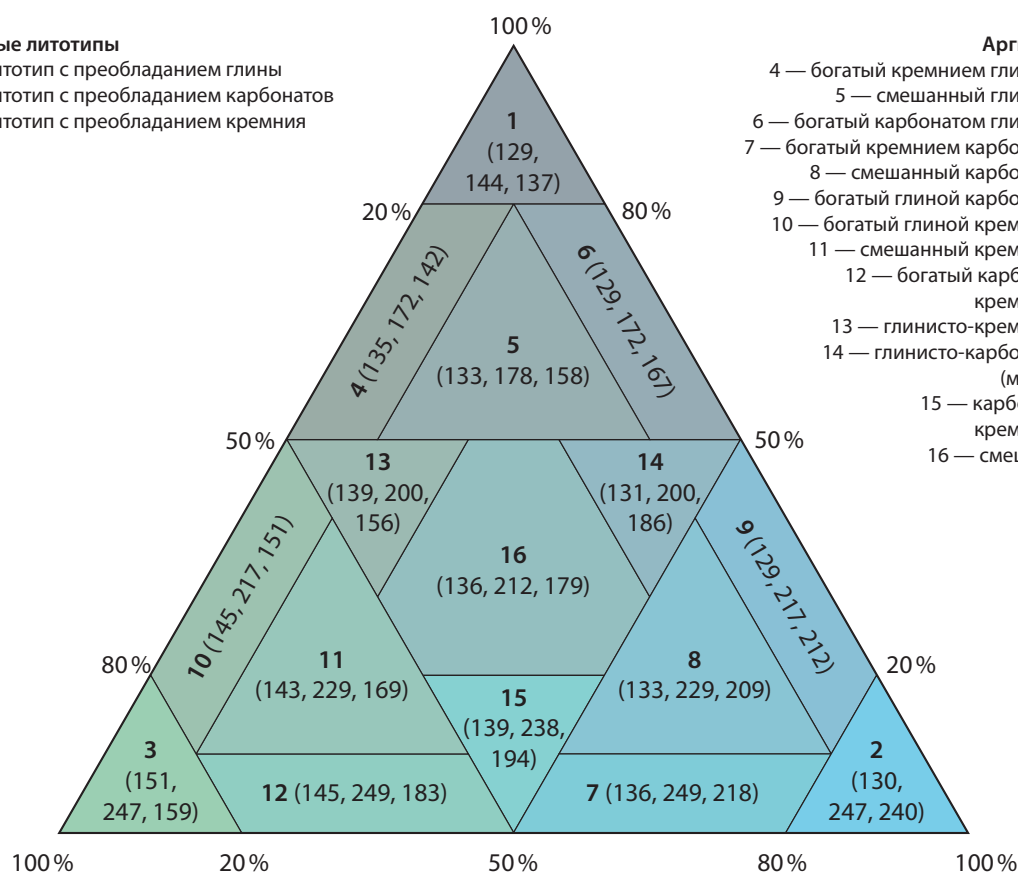
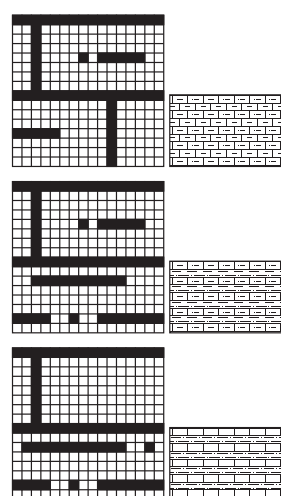
Аргиллиты
глинистыеАргиллиты
кремнистыеМергели
[ЭБЗ 7760]Аргиллит глинисто-
карбонатный
(мергель)Смешанный
аргиллитАргиллиты
карбонатныеАргиллит
глинисто-
кремнистыйАргиллит
карбонатно-
кремнистый

Рис. 5. Крапы и цветовая модель RGB смешанных литотипов для работы с нетрадиционными углеводородными системами

Крапы для базовых литотипов представлены на рис. 2

Источник: по [7]

Fig. 5. Patterns and RGB colour model for mixed lithotypes to work with unconventional petroleum systems

Refer to the patterns for basic lithotypes in fig. 2

Source: from [7]

Поскольку в ЭБЗ 200 отсутствуют рекомендации по альтернативной черно-белой цветовой окраске литотипов, выбор цветовой палитры остается за конечным пользователем ПО — использовать стан-

дартную или разработать свою. То же касается и смешанных литотипов. Для присвоения адаптированным крапам цветowych обозначений была использована цветовая модель RGB из стандарта SSL (таблица).

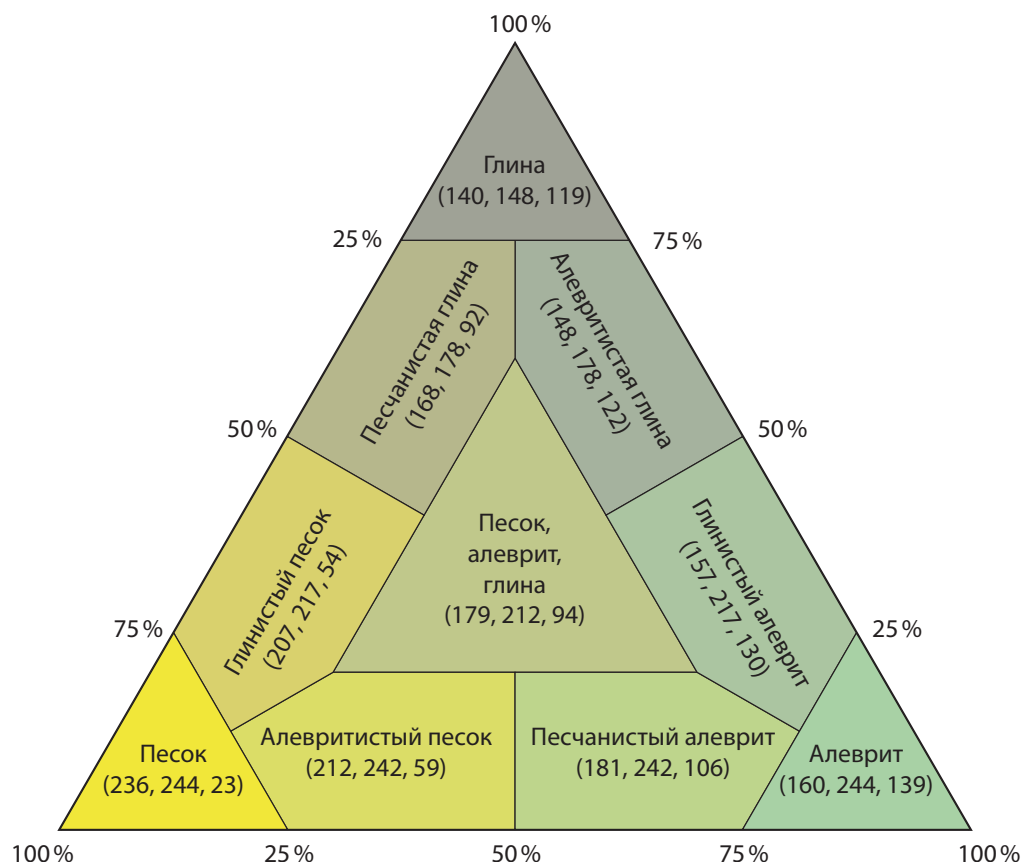


Рис. 6. Крапы и цветовая модель RGB смешанных литотипов для работы с терригенными отложениями

Крапы для базовых литотипов представлены на рис. 2

Источник: по [8]

Fig. 6. Patterns and RGB colour model for mixed lithotypes to work with terrigenous sediments

Refer to the patterns for basic lithotypes in fig. 2

Source: from [8]

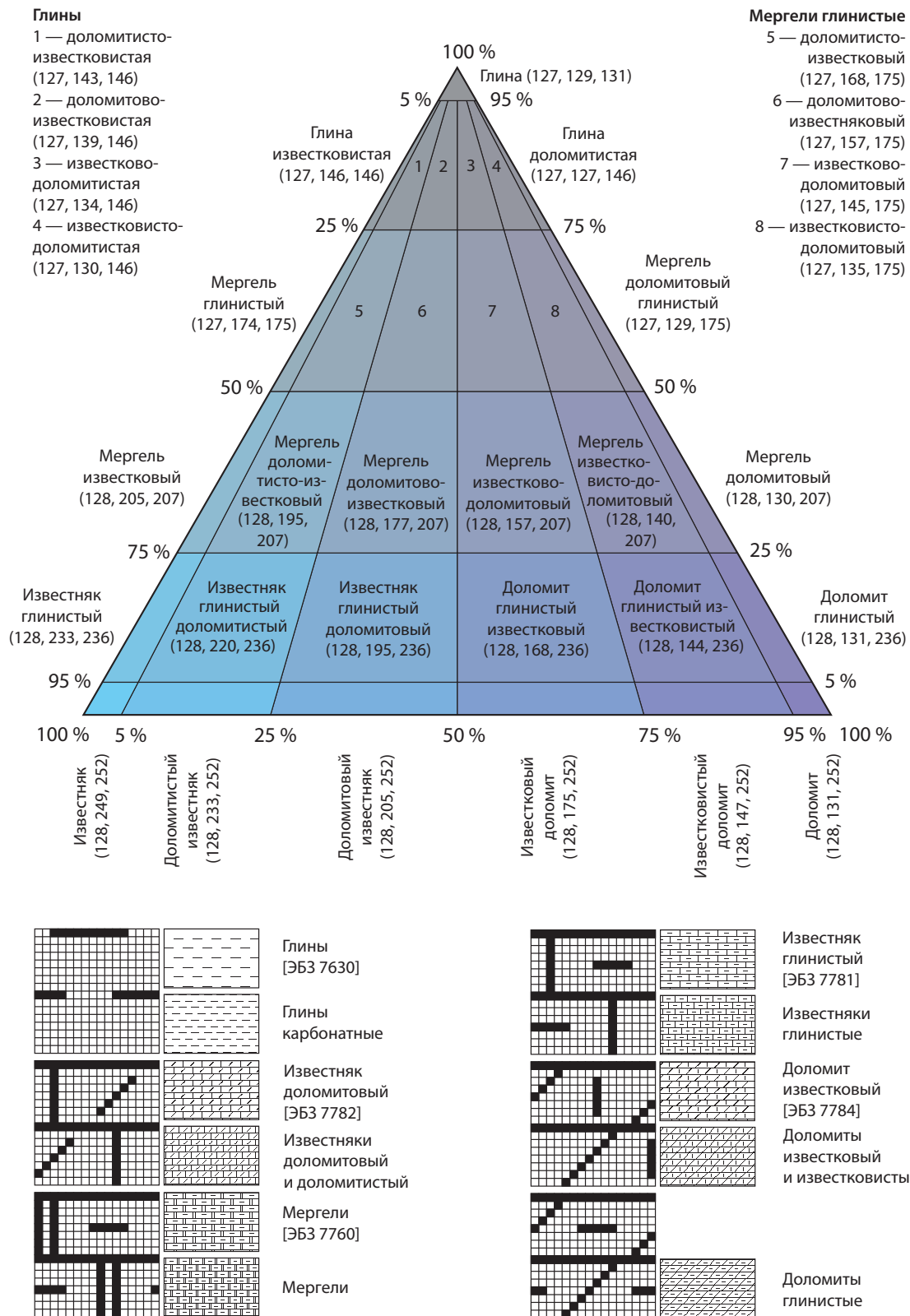


Рис. 7. Крапы и цветовая модель RGB смешанных литотипов для работы с карбонатными отложениями

Крапы для базовых литотипов представлены на рис. 2

Источник: по [9]

Fig. 7. Patterns and RGB colour model for mixed lithotypes to work with carbonate rocks

Refer to the patterns for basic lithotypes in fig. 2

Source: from [9]

Смешанные литотипы

Несмотря на то, что библиотека ПО [3] содержит значительное количество литотипов, при проведении бассейнового моделирования принято работать с их смесями. Широкое распространение получили треугольные диаграммы, по которым определяются названия смешанных литотипов. В связи с этим для их корректного графического представления также важно определить крапы.

В библиотеке ПО есть группа смешанных литотипов, предназначенная для работы с нетрадиционными углеводородными системами [7]. Группа включает в себя 16 типов аргиллитов, полученных на основе базовых литотипов глинистого сланца, алевролита и известняка. Крапы для визуализации этих аргиллитов в ЭБЗ 200 не определены, по этой причине они были разработаны на основе смешивания крапов базовых литотипов (рис. 5).

Для работы с терригенными отложениями наилучшим образом подходит классификация Ф. П. Шепарда [8], согласно которой состав литотипов определяется содержанием песка, алевроита и глины. Диаграмма имеет центральную область, описывающую

большую группу отложений примерно с одинаковым содержанием базовых литотипов (рис. 6).

Бассейновое моделирование подразумевает работу со сцементированными разностями, для адаптации использовались базовые литотипы песчаника, алевролита и глинистого сланца. В ЭБЗ 200 определены крапы для большинства литотипов, при этом для песков с глиной и песков с алевроитом в ЭБЗ 200 определен один общий. Крап смешанного литотипа в центральной части диаграммы Шепарда в ЭБЗ 200 не определен, поэтому он был разработан на основе крапов базовых литотипов, смешанных примерно в одинаковых долях (рис. 6).

Для работы с карбонатными отложениями предлагается использовать классификацию С. Г. Вишнякова [9], согласно которой состав литотипов определяется содержанием известняка, доломита и глины (рис. 7). В ЭБЗ 200 определены все крапы, кроме глинистых доломитов. Он был разработан на основе логики, заложенной в крап «7784 Доломит известковый».

Палитра цветов для смешанных литотипов была получена на основе цветов базовых литотипов, определенных в SSL (таблица), что позволило сохранить

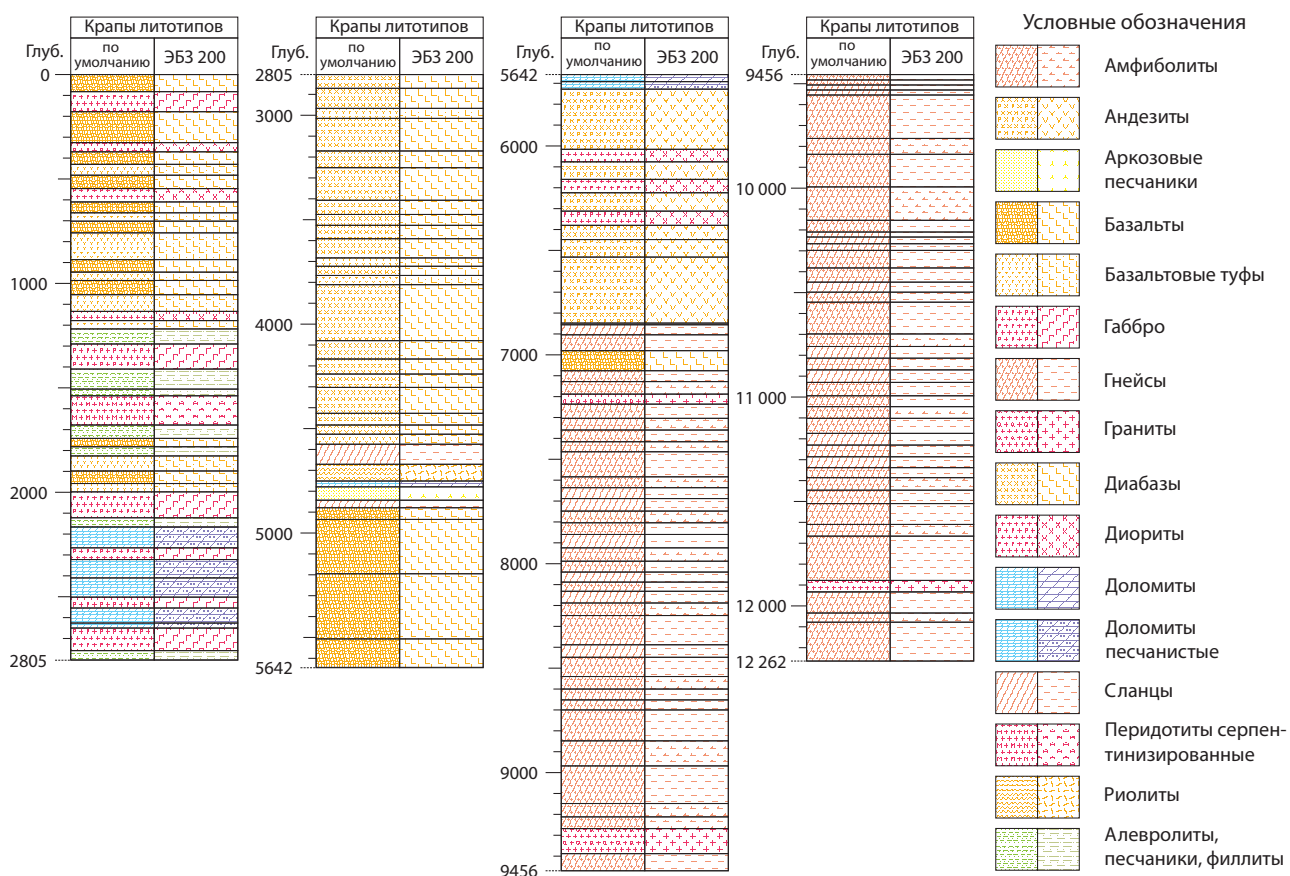


Рис. 8. Визуализация бассейновой 1D-модели по Кольской сверхглубокой скважине с использованием крапов литотипов по умолчанию и адаптированных крапов ЭБЗ 200

Fig. 8. Visualization of the Kola Superdeep Borehole 1D basin model, with default and adapted lithological patterns from the standard of graphic arts for the State Geological Map (scale of 1 : 200,000)

общую закономерность цветовой модели. Расхождение наблюдается только для мергеля — в SSL предлагается изображать его зеленым цветом, а не оттенками серого, голубого и синего цветов в зависимости от преобладания того или иного базового литотипа в его составе (рис. 7).

ОБСУЖДЕНИЕ

Адаптированные для ПО крапы литотипов могут быть использованы как при построении наиболее простых 1D-моделей по скважинам, так и для сложных постоянно действующих бассейновых 3D-моделей.

В качестве примера на рис. 8 приведена бассейновая 1D-модель по Кольской сверхглубокой скважине (СГ-3) [10], где наглядно представлены различия адаптированных крапов ЭБЗ 200 и стандартной библиотеки ПО.

Использование адаптированных крапов ЭБЗ 200 с дифференциацией по цветам в зависимости от состава того или иного литотипа позволяет повысить наглядность построенных бассейновых моделей и добиться унификации на методическом уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандарты Геологической службы США, нефтегазовой компании Shell и эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты имеют богатую историю и широко применяются как при геологическом картировании, так и в специализированном ПО. При этом ЭБЗ 200 развивается значительно динамичнее зарубежных аналогов и на сегодня ее с уверенностью можно считать высокопроработанным и исключительно практически значимым продуктом не только для составителей геологических карт, но и в целом для специалистов-геологов.

На основе ЭБЗ 200 предложены адаптированные для использования в ПО крапы литотипов, которые могут найти применение среди пользователей на территории Российской Федерации. В ходе работы обнаружены и некоторые слабые стороны ЭБЗ 200 — в актуальной версии отсутствуют используемые в зарубежных стандартах крапы лампрофиров, глинистых доломитов и богатых доломитом песчаников.

В современных условиях бурного развития ПО для геологического моделирования ЭБЗ 200 может стать главным руководящим документом, что позволит унифицировать и вывести на новый уровень подготовку и оформление не только геологических карт, но и моделей разных типов и масштабов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зинченко И. А. Общая стратиграфическая шкала России: разработка ее цветowych моделей и адаптация для программных продуктов, реализующих технологию бассейнового моделирования // Региональная геология и металлогения. 2019. № 77. С. 52–59.

2. Wannier M. M. A. 'Uniformity in Geological Reports' (1917) by Josef Theodor Erb, petroleum geologist and manager (1874–1934) // History of the European oil and gas industry / Eds. J. Craig, F. Gerali, F. MacAulay, R. Sorkhabi. Vol. 465. London : Geological Society, 2018. P. 381–390. <https://doi.org/10.1144/SP465.7>.

3. Hantschel T., Kauerauf A. I. Fundamentals of basin and petroleum systems modeling. Heidelberg, Germany : Springer Berlin, 2009. 476 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72318-9>.

4. Metamorphic rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks / Eds. D. Fettes, J. Desmons. Cambridge : Cambridge University Press, 2007. 244 p.

5. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 3-е изд., испр. и доп. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 199 с.

6. Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks / Eds. R. W. Le Maitre [et al.]. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2002. 236 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535581>.

7. Gamero-Diaz H., Miller C., Lewis R. sCore: A mineralogy based classification scheme for organic mudstones // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, LA, USA, 30 September — 2 October 2013. P. 1–17. <https://doi.org/10.2118/166284-MS>.

8. Shepard F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios // Journal of Sedimentary Research. 1954. Vol. 24, no. 3. P. 151–158. <https://doi.org/10.1306/d4269774-2b26-11d7-8648000102c1865d>.

9. Вишняков С. Г. Карбонатные породы и полевое исследование их пригодности для известкования почвы // Карбонатные породы Ленинградской области, Северного края и Карельской АССР. Вып. 2. М. ; Л., 1933. С. 3–22.

10. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований / под ред. В. П. Орлова, Н. П. Лаврова. М. : МФ «ТЕХНОНЕФТЕГАЗ», 1998. 260 с.

REFERENCES

1. Zinchenko I. A. General stratigraphic chart of Russia: Development of its colour models and adaptation for basin modeling software. *Regional Geology and Metallogeny*. 2019; (77): 52–59. (In Russ.).

2. Wannier M. M. A. 'Uniformity in Geological Reports' (1917) by Josef Theodor Erb, petroleum geologist and manager (1874–1934). History of the European oil and gas industry / Eds. J. Craig, F. Gerali, F. MacAulay, R. Sorkhabi. Vol. 465. London: Geological Society; 2018. P. 381–390. <https://doi.org/10.1144/SP465.7>.

3. Hantschel T., Kauerauf A. I. Fundamentals of basin and petroleum systems modeling. Heidelberg, Germany: Springer Berlin; 2009. 476 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72318-9>.

4. Metamorphic rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks / Eds. D. Fettes, J. Desmons. Cambridge: Cambridge University Press; 2007. 244 p.

5. Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, and impact formations. 3rd ed., corr. and suppl. St. Petersburg: VSEGEI Press; 2009. 199 p. (In Russ.).

6. Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks / R. W. Le Maitre [et al.]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2002. 236 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535581>.

7. Gamero-Diaz H., Miller C., Lewis R. sCore: A mineralogy based classification scheme for organic mudstones. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, New Orleans, LA, USA, 30 September — 2 October 2013. P. 1–17. <https://doi.org/10.2118/166284-MS>.

8. Shepard F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Research*. 1954; 24 (3): 151–158. <https://doi.org/10.1306/d4269774-2b26-11d7-8648000102c1865d>.

9. Vishnyakov S. G. Carbonate rocks and field study of their suitability for soil liming. Carbonate rocks of the Leningrad Region, Northern Krai, and Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic. No. 2. Moscow; Leningrad; 1933. P. 3–22. (In Russ.).

10. Kola Superdeep. Scientific results and research experience / Eds. V. P. Orlov, N. P. Laverov. Moscow: IF "TECHNONEFTEGAZ"; 1998. 260 p. (In Russ.).

Иван Андреевич Зинченко

Руководитель направления

Группа компаний «Газпром нефть»,
Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0009-3383-9826>
ResearcherID NCV-8370-2025
SPIN-код РИНЦ 2457-8925
Zinchenko.IA@gazprom-neft.ru

Ivan A. Zinchenko

Discipline Lead

Gazprom Neft Group of Companies,
Saint Petersburg, Russia

<https://orcid.org/0009-0009-3383-9826>
ResearcherID NCV-8370-2025
RSCI SPIN-code 2457-8925
Zinchenko.IA@gazprom-neft.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the author declares no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 24.02.2025
Одобрена после рецензирования 05.05.2025
Принята к публикации 20.06.2025

Submitted 24.02.2025
Approved after reviewing 05.05.2025
Accepted for publication 20.06.2025