

УДК 550.3+550.85+552.08

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН: ПЛОТНОСТЬ, ПОРИСТОСТЬ

М.Я. Боровский, А.С. Борисов, Н.Н. Равилова, Е.Г. Фахрутдинов

Аннотация

Проанализированы физические свойства горных пород и их распределение для верхней части разреза территории Республики Татарстан. Построенные обобщенные корреляционные зависимости между плотностью и пористостью пород имеют практическую значимость для геологической интерпретации данных, полученных различными геофизическими методами.

Ключевые слова: пористость, минералогическая плотность, плотность водонасыщенных пород, верхняя часть разреза.

В настоящее время при проведении геологических исследований большое внимание уделяется верхней толще осадочного покрова платформенных территорий. Существующие здесь неоднородности служат объектами геолого-геофизических работ различного целевого назначения. В свою очередь, геологическая информативность методов нефтепоисковой геофизики в значительной мере определяется сложностью строения верхней части геологического разреза (ВЧР). Информация об особенностях строения ВЧР необходима также при решении гидрогеологических и геоэкологических задач, при проведении поисков и разведки сверхвязких нефтей, битумов, различных нерудных (в том числе строительных) полезных ископаемых. Определяющую роль в выборе эффективных технологий изучения ВЧР играет дифференциация физических свойств слагающих его горных пород.

На ранних этапах геолого-геофизического изучения того или иного региона, в том числе и Татарстана, определение физических параметров пород верхней части разреза осуществлялось в основном с целью разработки основ геологической интерпретации геофизических аномалий. Позднее в Татарстане серьезные исследования были выполнены по изучению физических свойств пород битумных месторождений. Работы в этом направлении выполнялись такими организациями, как Институт «ВНИИгеофизика», трест «Татнефтегеофизика» (Казанская геофизическая экспедиция), Казанский государственный университет, ПО «Татнефть» (трест «Татнефтегазразведка», ГПК, Институт «ТатНИПИнефть», ГПК), ВНИИгеолнеруд и др. [1, 2]. История изучения физических параметров горных пород в Республике Татарстан и конкретные исполнители представлены в [3].

Независимо от направленности лабораторных исследований физических свойств, практически во всех случаях, наряду с другими, изучались параметры плотности и пористости. В связи с этим в количественном отношении число анализов последних значительно превосходит число определений электропроводности, упругих, магнитных и других свойств. Плотность и пористость пород – это параметры, которые тем или иным образом связаны с величинами электрического сопротивления, радиоактивности, скорости распространения упругих волн и т. д.; они определяют и технологические характеристики строительных полезных ископаемых.

Горные породы, слагающие верхнюю часть разреза, являются многокомпонентными средами, состоящими из минерального скелета и порового пространства, заполненного жидкой или газовой фазой. По Н.Б. Дортман [4], изменение плотности, обусловленное пористостью и составом, варьирует от единиц до 10–15%, а изменения упругих, термических и электрических свойств, связанные с трещиноватостью и пористостью, могут быть существенно выше.

Важным аспектом изучения физических свойств горных пород служит установление взаимосвязей между их отдельными характеристиками. Особый практический интерес представляет изучение корреляционных зависимостей плотность – пористость, так как величина последней с достаточной точностью определяется промыслово-геофизическими исследованиями в скважинах [1].

В настоящей статье изложены результаты статистической обработки [2, 5, 6] данных лабораторных анализов керна пород верхней части разреза Республики Татарстан, выполненных в Казанской геофизической экспедиции и Казанском университете в 50–70-х годах XX в. Для обработки использовались фондовые и архивные материалы лабораторных анализов образцов (взятых из скважин и обнажений), характеризующиеся пятью параметрами: стратиграфической и глубинной привязкой, одновременными определениями минералогической плотности, плотности водонасыщенных пород и пористости. Расчеты проведены по 4 параметрам – глубина, пористость, плотность минералогическая, плотность водонасыщенных пород – для 1100 комплексных определений (в общей сложности для 4400 единичных параметров). В приведенных ниже результатах сохранена изначальная стратиграфическая привязка исследованных образцов в соответствии с прежней двучленной схемой деления пермских образований.

В связи с оценкой физических параметров пород ВЧР результаты лабораторных определений образцов пород подразделены на группы по литологии и возрасту. Выделено 16 групп, в основу которых положены:

- а) возраст – казанский, татарский, неогеновый и четвертичный;
- б) литология – доломиты, известняки, мергели, алевролиты, песчаники, глины и суглинки.

Глубины залегания образцов пород, использованных при статистическом анализе, приведены в табл. 1. Как видно, средние величины глубин залегания не превышают 100 м.

Образцы пород одного и того же возраста могут залегать на разных глубинах, и наоборот, разновозрастные отложения могут характеризоваться одинаковыми глубинами. Такое распределение в целом соответствует реальной геологической обстановке. На различных площадях территории Татарстана верхняя

Табл. 1

Глубины залегания образцов пород ВЧР Татарстана, использованных при анализе

№	Возраст	Литология	Глубина, м		
			Минимальная	Максимальная	Среднее значение
1	Q	Глина	0.3	9.3	3.98
2	N	Глина	1	140	14.59
3	P ₂ -t	Глина	0.3	155	49.32
4	P ₂ -kz	Глина	7	247	124
5	N	Суглинок	30	80	52.22
6	Q	Песчаник	0.5	10.5	2.87
7	N	Песчаник	1.45	21	7.21
8	P ₂ t	Песчаник	32	60	53.17
9	P ₂ -kz	Песчаник	17	142	73.54
10	P ₂ -t	Алевролит	12	68	36.33
11	P ₂ -kz	Алевролит	15	210	125
12	P ₂ -t	Мергель	8	30	16.33
13	P ₂ -t	Известняк	3	31	11.64
14	P ₂ -kz	Известняк	0.1	224	98.02
15	P ₂ -t	Доломит	31	43	37
16	P ₂ -kz	Доломит	1	44	17.52

часть разреза слагается разновозрастными и литологически разнородными комплексами пород. В этих условиях разнородные структурные элементы характеризуются не только разными видами полезных ископаемых, но и значительной дифференциацией физических свойств разреза. Прогнозировать в первом приближении величину последних можно на основе анализа литологии пород, если известны физические параметры отдельных разностей.

Результаты выполненных статистических расчетов величин плотности и пористости приведены в табл. 2–4. Выборки данных, где количество образцов менее 10, в целом не являются представительскими. Тем не менее ввиду отсутствия другой информации эти данные присутствуют в расчетах. Это в какой-то мере позволяет оценить взаимосвязь их физических свойств.

Минералогическая плотность. Средние величины этого параметра для терригенных разностей изменяются в весьма широком диапазоне от 2.64 (алевролиты казанского яруса) до 2.93 г/см³ (песчаники четвертичного возраста). Для карбонатов диапазон изменения плотности незначителен: от 2.68 г/см³ для известняков до 2.81 г/см³ (2.71 г/см³) для доломитов. Коэффициенты вариации для выборок конкретных литологических разностей изменяются (не принимая во внимание единичные определения) от 0.03 до 0.09–0.12. Максимальные величины присущи терригенным отложениям – глинам казанского и песчаникам неогенового возраста, минералогическая плотность которых колеблется соответственно в пределах 2.02–3.05 и 2.09–2.94 г/см³. Такой значительный перепад колебаний исследуемого параметра объясняется различными условиями осадконакопления и последующими эпигенетическими изменениями горных пород, что связано с отбором образцов из различных структурно-тектонических регионов РТ.

Табл. 2

Результаты статистической оценки минералогической плотности пород ВЧР Татарстана по данным лабораторных анализов кернового материала

Возраст	Литология	Плотность, г/см ³					
		Минимальная	Максимальная	Средняя	Среднеквадратичное откл.	Коэффициент вариации	Кол-во образцов
Q	Глина	2.6	3.06	2.88	0.10	0.04	66
N	Глина	2.4	3.06	2.84	0.12	0.04	145
P ₂ -t	Глина	2.24	2.87	2.67	0.16	0.06	31
P ₂ -kz	Глина	2.02	3.05	2.79	0.26	0.09	269
N	Суглинок	2.7	3.05	2.88	0.10	0.03	18
Q	Песчаник	2.82	3.00	2.93	0.06	0.02	15
N	Песчаник	2.09	2.94	2.64	0.31	0.12	12
P ₂ t	Песчаник	2.4	2.80	2.61	0.13	0.05	6
P ₂ -kz	Песчаник	2.39	2.80	2.64	0.09	0.03	52
P ₂ -t	Алевролит	2.14	2.75	2.53	0.20	0.08	6
P ₂ -kz	Алевролит	2.11	2.92	2.64	0.13	0.05	123
P ₂ -t	Мергель	2.71	2.79	2.75	0.03	0.01	3
P ₂ -t	Известняк	2.52	2.93	2.70	0.10	0.04	11
P ₂ -kz	Известняк	2.37	2.92	2.68	0.11	0.04	123
P ₂ -t	Доломит	2.72	2.89	2.81	0.08	0.03	2
P ₂ -kz	Доломит	2.19	3.03	2.71	0.16	0.06	221

Табл. 3

Результаты статистической оценки пористости пород ВЧР Татарстана по данным лабораторных анализов кернового материала

Возраст	Литология	Пористость, %					
		Минимальная	Максимальная	Средняя	Среднеквадратичное откл.	Коэффициент вариации	Кол-во образцов
Q	Глина	13	29	22	3.41	0.16	66
N	Глина	7	25	18	2.96	0.16	145
P ₂ -t	Глина	11	29	20	5.51	0.28	31
P ₂ -kz	Глина	1	37	19	6.19	0.32	269
N	Суглинок	22	25	24	1.08	0.05	18
Q	Песчаник	12	47	33	12.44	0.38	15
N	Песчаник	10	34	15	6.18	0.41	12
P ₂ t	Песчаник	17	32	27	5.06	0.19	6
P ₂ -kz	Песчаник	3	30	18	7.18	0.39	52
P ₂ -t	Алевролит	14	36	23	8.17	0.36	6
P ₂ -kz	Алевролит	3	33	20	6.44	0.32	123
P ₂ -t	Мергель	8	30	16	9.74	0.61	3
P ₂ -t	Известняк	3	31	12	7.14	0.61	11
P ₂ -kz	Известняк	2	39	14	6.91	0.49	123
P ₂ -t	Доломит	31	43	37	6.00	0.16	2
P ₂ -kz	Доломит	1	44	18	9.00	0.53	221

Табл. 4

Результаты статистической оценки плотности водонасыщенных образцов пород ВЧР Татарстана по данным лабораторных анализов ядерного материала

Возраст	Литология	Плотность, г/см ³					
		Минимальная	Максимальная	Средняя	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации	Кол-во образцов
Q	Глина	1.46	2.45	1.86	0.15	0.08	66
N	Глина	1.68	2.28	1.97	0.11	0.05	145
P ₂ -t	Глина	1.99	2.39	2.23	0.12	0.05	31
P ₂ -kz	Глина	1.74	2.69	2.26	0.144	0.06	269
N	Суглинок	1.71	1.84	1.75	0.03	0.02	18
Q	Песчаник	1.73	2.56	2.07	0.25	0.12	15
N	Песчаник	2.09	2.54	2.26	0.15	0.07	12
P ₂ t	Песчаник	2.13	2.21	2.17	0.03	0.01	6
P ₂ -kz	Песчаник	2.11	2.66	2.34	0.14	0.06	52
P ₂ -t	Алевролит	1.98	2.31	2.16	0.10	0.05	6
P ₂ -kz	Алевролит	1.98	2.62	2.30	0.11	0.05	123
P ₂ -t	Мергель	2.16	2.58	2.43	0.19	0.08	3
P ₂ -t	Известняк	2.12	2.60	2.49	0.12	0.05	11
P ₂ -kz	Известняк	2.11	2.69	2.44	0.11	0.05	123
P ₂ -t	Доломит	2.08	2.19	2.13	0.05	0.03	2
P ₂ -kz	Доломит	2.04	2.98	2.40	0.14	0.06	221

В полной мере вышеизложенное относится и к карбонатным породам – в данном случае к доломитам казанского яруса, минералогическая плотность которых изменяется в диапазоне 2.19–3.03 г/см³. Это свидетельствует о необходимости учитывать плановую привязку образцов при составлении карт районирования по минералогической плотности для конкретных литотипов. Выполнение перечисленных мероприятий позволит более обоснованно подходить к методам поиска полезных ископаемых и изучению различных неоднородностей ВЧР в конкретных геологических условиях.

Плотность водонасыщенных образцов пород. Диапазон изменения средних значений этого параметра значительно меньше, причем минимальные величины присущи терригенным комплексам пород, максимальные – карбонатным разностям (см. табл. 4). Наибольший диапазон изменения плотности характерен для глинистых отложений, в большей степени глин казанского и четвертичного возрастов. С увеличением возраста и глубины залегания наблюдается уплотнение глин (см. табл. 2–4). Такая же тенденция фиксируется и для песчаных и алевролитовых пород, хотя минимальные значения средних величин здесь несколько выше. Из закономерности выпадают образцы песчаных образований татарского яруса, здесь сказывается малое число определений.

Средние величины плотности карбонатных разностей изменяются в диапазоне 2.40–2.49 г/см³, причем значения параметров весьма близки, несмотря на их различный возраст (казанский, татарский) и литологию (известняки и доломиты).

В целом рассматриваемые литологические разности характеризуются весьма значительным диапазоном колебания плотности. Наибольшая величина коэффициента вариации присуща доломитам казанского яруса, плотность этих отложений колеблется в интервале 2.04–2.98 г/см³. Такие значительные колебания обусловлены, по-видимому, двумя главнейшими причинами: большими вариациями значений минералогической плотности и пористости.

Пористость. Это один из основных показателей, в значительной мере влияющий на большинство физических свойств горных пород [4]. Для анализируемых определений величина этого параметра изменяется в весьма широком диапазоне (табл. 3). Наибольшие величины коэффициентов вариации получены для карбонатов татарского и казанского ярусов, а в терригенных отложениях – для песчаников неоген-четвертичного возраста. Рассчитанные средние величины для различных по возрасту и литологии выборок данных различаются в значительно меньшей степени (табл. 3). Минимальные значения (12–16%) свойственны известнякам и доломитам казанского и татарского ярусов, а максимальные (22–33%) – песчано-глинистым породам четвертичной системы.

Рассмотренные выше средние величины плотности водонасыщенных пород, минеральной плотности, пористости не позволяют судить об однородности исследуемой совокупности. В связи с этим для анализа эмпирических рядов распределения изучаемых параметров произведены расчеты, обеспечивающие построение полигонов (гистограмм) распределения. Последние строились для определений плотности водонасыщенных пород, так как величина этого параметра в значительной мере определяется минералогической плотностью и пористостью.

Ниже приводится плотностная характеристика литологических разностей пород, слагающих верхнюю часть разреза осадочного покрова территории Республики Татарстан.

1. Глины четвертичного возраста. На гистограмме, построенной с интервалом 0.1 г/см³, выделяется 9 групп плотностей. В целом выборка однородна, так как полигон имеет один максимум (1.8–1.89 г/см³), совпадающий со средним значением плотности 1.86 г/см³. Диапазон плотности 1.7–2.0 г/см³ охватывает 72.8% определений.

2. Глины неогенового возраста. Выделяется 7 интервалов. Диапазон плотностей 1.9–2.09 г/см³ охватывает 67% определений. Распределение близко к нормальному. Среднее значение (1.97 г/см³) в целом соответствует максимуму на гистограмме.

3. Глины татарского возраста. Выборка неоднородна, двухвершинное, асимметричное распределение. Интервал 2.20–2.39 г/см³ характеризует 64.5% определений.

4. Глины казанского яруса. Распределение близкое к нормальному, выделяется 10 интервалов, диапазон плотности 2.1–2.39 г/см³ охватывает 79.2% определений. Максимум полигона распределения в целом соответствует среднему значению плотности для этого комплекса пород.

5. Суглинки неогенового возраста. В выборке выделяется всего три интервала. Форма распределения не оценивается ввиду недостаточного объема данных.

Можно лишь отметить, что диапазон плотности $1.75\text{--}1.79\text{ г/см}^3$ охватывает 50% определений.

6. Песчаники четвертичного возраста. Полигона распределения как такового не наблюдается ввиду малого количества сведений. Из общего числа образцов 53.3% характеризуются плотностью, изменяющейся в диапазоне $2.0\text{--}2.09\text{ г/см}^3$, это соответствует среднему значению (табл. 4).

7. Песчаники неогенового возраста. Несмотря на небольшое и явно недостаточное число определений, выделяется два интервала (две совокупности): $2.00\text{--}2.29\text{ г/см}^3$ (75%) и $2.4\text{--}2.59\text{ г/см}^3$ (25%). Наиболее часто встречающаяся величина плотности – $2.1\text{--}2.19\text{ г/см}^3$ (41.7%).

8. Песчаники татарского возраста. Недостаточная представительность сведений.

9. Песчаники казанского возраста. Асимметричное или 2-вершинное распределение. Среди практически равных интервалов выделяются два пика: $2.20\text{--}2.29\text{ г/см}^3$ (42.3%) и $2.4\text{--}2.49\text{ г/см}^3$ (17.3%). Вычисленное среднее значение в этом случае не соответствует наиболее часто встречающемуся.

10. Алевролиты казанского возраста. Нормальное симметричное распределение. Выборка данных однородна: среднее значение плотности 2.30 г/см^3 соответствует максимуму на гистограмме.

11. Известняки татарского возраста. Определений явно недостаточно. Однако 7 образцов из 11 имеющихся находятся в диапазоне плотности $2.50\text{--}2.59\text{ г/см}^3$, что несколько отличается от средней величины этого параметра, определенного для комплекса.

12. Известняки казанского возраста. Распределение близкое к нормальному. Среднее значение плотности соответствует вершине – наиболее часто встречающемуся значению (табл. 4).

13. Доломиты казанского возраста. Распределение близкое к нормальному, несколько смещенное влево. Диапазону плотности $2.30\text{--}2.49\text{ г/см}^3$ отвечает 58.4% определений.

Таким образом, результаты анализа эмпирических рядов распределения исследуемых совокупностей свидетельствуют, с одной стороны, об однородности большинства рассматриваемых выборок, с другой – о необходимости привлечения дополнительной информации для характеристики отдельных разновозрастных отложений (глины татарского и суглинки неогенового возрастов, песчаные породы).

Для большинства изучаемых литологических разностей вычисленные средние величины физических параметров соответствуют их наиболее часто встречающимся значениям.

Верхняя часть разреза осадочной толщи, с которой связаны различные полезные ископаемые и где протекают активные экзогенные и техногенные процессы, характеризуется весьма сложным геологическим строением. Здесь развиты разновозрастные (от нижнепермских до четвертичных) терригенные и карбонатные породы, в большинстве случаев литологически невыдержанные как по площади, так и в разрезе. Все это обуславливает, как было показано, и весьма широкий диапазон изменения физических свойств изучаемого комплекса пород.

Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных предусматривает и установление взаимосвязей между различными физическими параметрами горных пород. Решаются одновременно две основные задачи: возможность

Табл. 5

Коэффициенты уравнения регрессии вида $Y = A_1X + A_2Z + B$ для пород ВЧР Татарстана по данным лабораторных анализов kernового материала (Y – пористость, %, X – плотность водонасыщенных образцов, г/см³, Z – минералогическая плотность, г/см³); E – ошибка аппроксимации

Возраст пород	Литология	Количество определенных	Коэффициенты уравнения регрессии				
			A_1	A_2	B	R	EY/XZ
Q	Глина	65	-20.999	13.975	20.148	0.986	0.572
N	Глина	145	-21.296	13.383	22.292	0.956	0.873
P ₂ -t	Глина	31	-22.283	16.831	74.639	0.681	4.169
P ₂ -kz	Глина	146	-57.704	45.848	32.009	0.922	2.506
N	Суглинок	26	-19.209	18.906	1.413	0.859	1.828
Q	Песчаник	18	-1.0902	9.426	15.874	0.922	0.444
Для X (2.0–2.25)		10	-51.461	24.117	80.457	0.999	0.418
Для X (1.7–2.0)		5	-40.715	11.196	63.163	0.968	1.528
N	Песчаник	4	-15.309	16.256	1.213	0.995	0.348
P ₂ t	Песчаник	6	-61806	46.054	40.546	0.993	0.774
P ₂ -kz	Песчаник	52	-58.415	53.473	14.126	0.976	1.585
P ₂ -t	Алевролит	5	-60.270	47.819	32.699	0.998	0.590
P ₂ -kz	Алевролит	123	-54.052	47.357	19.593	0.935	2.301
P ₂ -t	Известняк	9	-60.864	50.34	27.547	0.993	1.407
P ₂ -kz	Известняк	123	-53.753	48.762	14.772	0.959	1.986
P ₂ -kz	Доломит	221	-51.397	47.543	12.308	0.960	2.602

совместного анализа различных геофизических полей и определение неизвестного физического параметра по какому-либо известному.

Рассмотренные выше данные лабораторных анализов исследованы на предмет установления корреляционных связей между величинами плотности и пористости.

Впервые для РТ при расчетах принималось во внимание разделение данных по минералогической плотности с последующим анализом полей корреляции и уравнений регрессии. Интервал группирования выбирался по наилучшим показателям статистической связи.

Результаты выполненных расчетов даны в табл. 5. Приведенная информация свидетельствует об устойчивой взаимосвязи (линейного вида) для большинства анализируемых параметров, достоверности полученных уравнений регрессии и возможности их использования на практике.

Представляется весьма целесообразным, а в ряде случаев и необходимым, вывод уравнений регрессии для конкретных литологических разностей с подразделением их по возрасту. В этом случае существенно возрастает точность определения параметров по сравнению с обобщенными стратиграфическими интервалами.

Более того, для ряда выборок одного и того же возраста и литологии наблюдается существенное влияние минералогической плотности на характер взаимосвязи. Так, если для всей совокупности глинистых образцов пород казанского возраста коэффициент корреляции равен 0.295, то для сгруппированных

по минералогической плотности данных получены высокие значения статистических показателей. Целесообразность учета минералогической плотности доказана и для других литологических разностей [1, 2]. Коэффициенты уравнения регрессии, построенные с учетом величины минералогической плотности для разных групп пород, приведены в табл. 5. Результаты вычислений свидетельствуют о существенном возрастании точности определения пористости по значениям двух параметров плотности (минералогической и плотности водонасыщенных образцов пород).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Практически все лабораторные анализы плотности и пористости независимо от времени их выполнения и задач, с которыми осуществлялись определения (целенаправленные геофизические исследования, изучение коллекторских свойств для оценки запасов битумов и др.), могут быть использованы при интерпретации геолого-геофизических данных. Это позволяет существенно повысить представительность сведений о физических свойствах ВЧР как по площади, так и в разрезе.

Разновозрастные породы одной и той же литологической разности различаются по величине плотности. Это в целом является благоприятным моментом для их раздельного картирования геофизическими методами. Вместе с тем эти различия необходимо учитывать при исследовании технологических качеств строительных материалов в конкретных геологических условиях.

Для большинства образцов пород одинакового состава и возраста фиксируется значительный диапазон изменения физических свойств. Это свидетельствует о необходимости составления комплекта карт изоденс и коэффициентов пористости для конкретных литологических разностей с подразделением их по возрасту. Использование такого методического подхода будет способствовать не только выбору оптимального комплекса геофизических работ на определенных видах полезных ископаемых, но и позволит более обоснованно прогнозировать их технологические свойства (при наличии априорных сведений на конкретных полигонах).

Значительное влияние минералогической плотности на физические свойства горных пород ВЧР обуславливает необходимость совместного анализа данных лабораторных определений и литофациальных карт.

Полученные средние величины плотности и пористости могут быть использованы в первом приближении для прогноза физических свойств ВЧР по литологии в районах, где отсутствуют данные лабораторных анализов.

Построенные уравнения регрессии могут быть использованы для прогноза плотности пород ВЧР по величинам пористости, определенным по данным промыслово-геофизических исследований. Это обеспечивает существенное возрастание объема информации по физическим свойствам.

Сведения о распределении физических свойств горных пород существенны при формировании представлений об источниках аномалий геофизических полей, при решении прямых и обратных задач, в конечном итоге при целенаправленном выборе эффективных методов изучения особенностей строения верхней толщи и поисков полезных ископаемых в различных интервалах геологического разреза.

Summary

M.Ya. Borovskii, A.S. Borisov, N.N. Ravilova, E.G. Fakhrutdinov. Physical Properties of the Rocks from the Upper Geological Section of the Republic of Tatarstan: Density and Porosity.

The physical properties of the rocks and their distribution in the upper part of the geological section of the Republic of Tatarstan are analysed in the article. The obtained generalized correlation dependences between density and porosity are of practical importance and can be used for geological interpretation of data acquired by various geophysical methods.

Key words: porosity, mineralogical density, density of water-saturated rocks, upper part of a section.

Литература

1. *Слепак З.М.* Применение гравirazведки при поисках нефтеперспективных структур. – М.: Недра, 1989. – 200 с.
2. *Либерман В.Б.* Оценка физических параметров осадочных образований на основе статистических связей // Труды ТатНИПИнефть. – Бугульма, 1987. – Вып. 60. – С. 160–165.
3. *Равилова Н.Н., Фахрутдинов Е.Г.* Физические свойства горных пород – основа ресурсосберегающих геолого-геофизических технологий // XI Междунар. симпозиум «Ресурсоэффективность и ресурсосбережение в Республике Татарстан»: Труды в 2 ч. – Казань: Центр опер. печати, 2010. – Ч. 1. – С. 333–338.
4. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика): Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1976. – 526 с.
5. *Девис Дж.С.* Статистический анализ данных в геологии: в 2 кн. – М.: Недра, 1990. – Кн. 1. – 319 с.
6. *Львовский Е.Н.* Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. шк., 1982. – 244 с.

Поступила в редакцию
26.04.11

Боровский Михаил Яковлевич – кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора НПО «Репер», г. Казань.

E-mail: lilabor@mail.ru

Борисов Анатолий Сергеевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: aborisov@ksu.ru

Равилова Наталья Николаевна – методист Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: natali.r@inbox.ru

Фахрутдинов Евгений Гамирович – аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: fahutdinov@mail.ru