

УДК 550.832(474.2) : 681.3

А. ШОГЕНОВА

## ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ ОРДОВИКСКОЙ КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ НА РАКВЕРЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ФОСФОРИТОВ ПО ДАННЫМ СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКИ

Вопрос о влиянии тектонической нарушенности, эндогенных и экзогенных изменений горных пород на результаты геофизических измерений в скважинах на месторождениях фосфоритов Эстонии до настоящего времени практически не рассматривался. Известен целый ряд методов геофизических исследований скважин (ГИС), позволяющих выделять кавернозные и трещиноватые интервалы горных пород в разрезах скважин (Газизов, 1971; Геофизические методы..., 1983; Гершанович, 1975; Дебранд, 1968; Исаев и др., 1984). Эти методы широко применяются в промысловой геофизике, а также при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. В Прибалтийском сланцевом бассейне для решения подобных задач используется метод микроселективного гамма-гамма каротажа (МГГК-С) и метод скользящих контактов (МСК).

На Раквереском месторождении фосфоритов для изучения карбонатной толщи, перекрывающей промпласт фосфоритов и включающей промпласт кукерситов, применяют методы гамма-каротажа (ГК), электрокаротажа методом кажущегося сопротивления (КС) и кавернометрии (КВ).

Используя данные, полученные другими авторами и собственные исследования, автору удалось установить закономерности изменения диаграмм ГИС в зонах нарушений в районе Раквереского месторождения фосфоритов. Известно, что тектоническим нарушениям в карбонатной толще сопутствуют следующие вторичные изменения пород: доломитизация известняков и связанная с ней кавернозность, обогащение пород сульфидными минералами, обусловленные выщелачиванием кавернозность и закарстованность пород, а также заполнение каверн и трещин в горных породах остаточной глиной, обогащение пород гидроокислами железа, местами повышение содержания радиоактивных элементов (Газизов, 1971; Геология и..., 1987). Большая часть разведочных скважин, пробуренных на участке Кабала-Западный Раквереского месторождения фосфоритов, не попадает в зоны тектонических нарушений. По керну скважин наблюдается постоянный разрез, который представлен плотными карбонатными породами. Диаграммы геофизических методов исследований в этих скважинах также повторяют друг друга и принимаются нормальными или фоновыми. Например, геолого-геофизический разрез по скв. Р-2279 и Р-2284 (Шогенова, 1989) условно можно назвать нормальным — породы в основном плотные, почти не затронутые вторичными изменениями. При проведении геофизических исследований скважин, пробуренных в зоне нарушения, каротажные кривые меняют свою форму по сравнению с фоновыми следующим образом:

1. Трещиноватым, кавернозным породам соответствуют более изрезанные диаграммы КС, плотным нормальным породам менее изрезанные (Гершанович, 1975). Как отмечено вышеуказанным автором, а также подтверждается данными, полученными на Раквереском месторождении фосфоритов, степень изрезанности кривых КС зависит от

степени нарушенности пород, наиболее низкие значения КС наблюдаются в осевых частях зон нарушений.

2. Гамма-каротаж, по наблюдениям автора, также реагирует на вторичные процессы, происходящие в зонах нарушений и карста, большей изрезанностью кривых. При этом следует отделять флуктуации, связанные с величиной интегрирующей ячейки при записи ГК, от изрезанности, связанной с нарушенностью пород. Изрезанность может отражать неравномерное ожелезнение и доломитизацию пород, а также трещины и каверны, заполненные глиной или обогащенные радиоактивными элементами.

Ожелезненным сильнодоломитизированным породам, трещинам, заполненным остаточной глиной или имеющим следы сульфидной минерализации, соответствуют дополнительные аномалии радиоактивности на диаграммах ГК. Интенсивность аномалий, связанных с вторичными изменениями горных пород, зависит от степени изменений пород, а также от степени обогащения их радиоактивными элементами. Аномалии ГК, отражающие нарушенность пород, могут быть сравнимы по амплитуде с аномалиями, создаваемыми такими геолого-геофизическими реперами, как например, метаботониты  $O_2kl$  или  $O_2id$ .

3. В закарстованных скважинах становится трудно или вообще невозможно провести стратиграфическое и литологическое расчленение разреза по указанной выше причине. Если скважина пробурена через карстовую полость, размеры которой превышают радиус чувствительности геофизических исследований, на кривых, вероятно, не наблюдаются аномалии, имеющие место в нормальном разрезе.

4. Кавернометрия скважин позволяет выделить трещиноватые и кавернозные породы по изменению диаметра скважины (Шогенова, 1989). Однако при этом следует иметь в виду, что и в нормальном геолого-геофизическом разрезе мергелям, слоям метаботонитов и глауконитовым песчаникам соответствуют довольно значительные увеличения диаметра скважины (например, мергелям  $O_2hr$ ). Поэтому необходимо учитывать это обстоятельство при оценке нарушенности пород, выраженной трещиноватостью и кавернозностью.

С учетом вышеуказанных закономерностей, для характеристики нарушенности горного массива были использованы все три метода ГИС, произведенные на Раквереском месторождении: ГК, КС, КВ. Однако в связи с отсутствием технических возможностей полной обработки геофизических кривых на ЭВМ, для оценки нарушенности горных пород была введена упрощенная трехбалльная система оценок (0, 1, 2). Кривые метода КС при этом сравниваются только по форме и изрезанности, так как большое влияние на абсолютные значения КС оказывает диаметр скважины и другие факторы. Приведенная схема оценок кривых ГИС дает возможность оперативно оценить нарушенность пород без отбора керна при учете нормального геолого-геофизического разреза (таблица). При изучении гидрогеологических скважин принятую схему оценок можно дополнить оценками по данным расходометрических исследований, которые позволяют разделить выделенные зоны трещиноватости на «сухие» и обводненные.

Предложенная схема оценки нарушенности пород по данным ГИС была опробована по профилю из 6 скважин, пробуренных через аномалию низкого сопротивления (см. Шогенова, 1989 рис. 1, 2). Каротажные кривые оценивались по основным литологическим уровням. Полученные оценки отнесены к середине соответствующих свит и горизонтов. По каждому методу каротажа и сумме методов при помощи персонального компьютера построены разрезы в изолиниях степени нарушенности карбонатной толщи (рис. 1,  $a-g$ ) и их объемные изображения (рис. 2,  $a-g$ ). Изображения нарушенности разреза в графическом виде позволяют

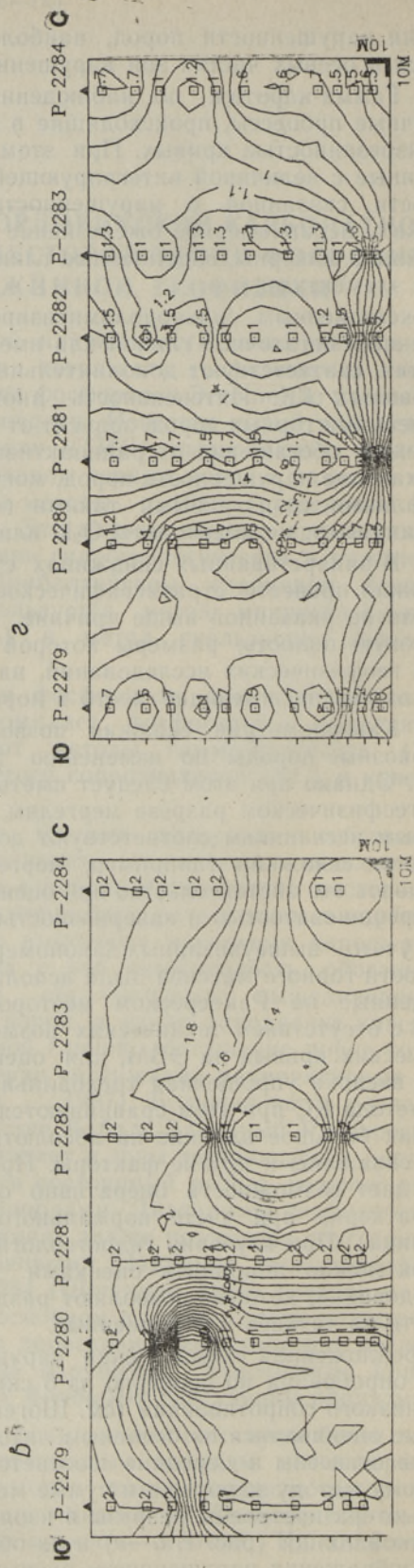
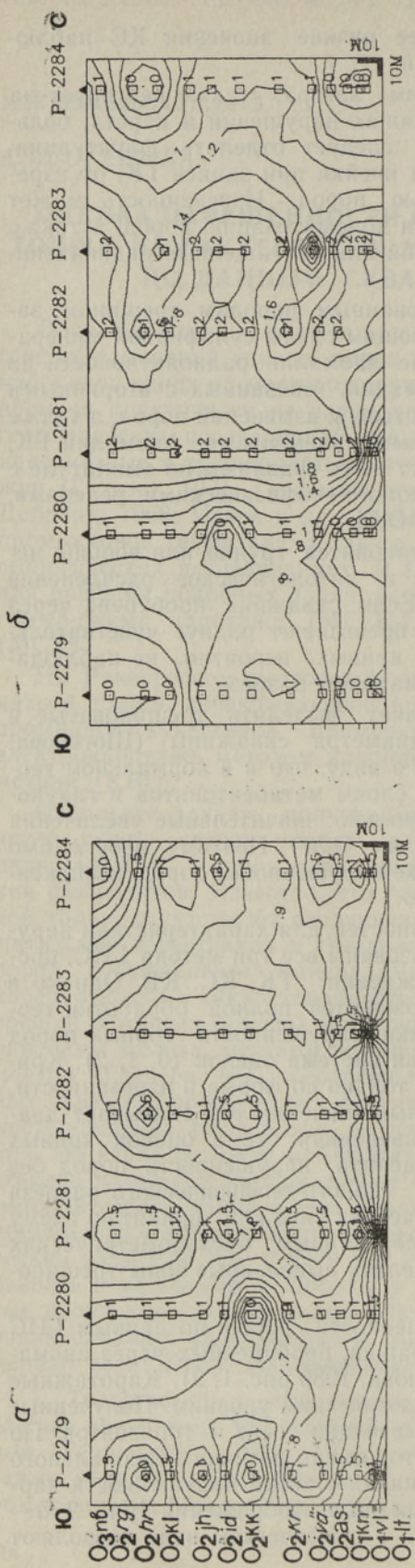


Рис. 1. Характеристика нарушения толщи в трехбалльной системе (см. таблицу). а — по кривым ГК (усредненная сумма первой и второй оценок); б — по кривым КС (А2МО, 5N) (третья оценка); в — по кривым КВ (четвертая оценка); г — по комплексу методов (усредненная сумма 1—4 оценок).

**Схема оценок диаграмм ГИС для характеристики  
нарушенности горных пород**

Номер оценки	Степень изменения кривой	Баллы
<b>Гамма-каротаж (ГК)</b>		
1	Фоновая кривая	0
	Незначительное повышение радиоактивности	1
	Сильное повышение радиоактивности (до уровня реперных аномалий)	2
*		
2	Фоновая кривая — изрезанность кривой создают флуктуации, связанные с величиной интегрирующей ячейки	0
	Дополнительная незначительная изрезанность кривой ГК	1
	Дополнительная сильная изрезанность кривой ГК	2
<b>Электрокаротаж методом КС (А2МО, 5N)</b>		
3	Фоновая кривая	0
	Незначительные отклонения формы кривой от фоновой или незначительная дополнительная изрезанность	1
	Сильная изрезанность (пилообразная форма кривой) или значительные изменения формы кривой	2
<b>Кавернометрия (КВ)</b>		
4	Диаметр скважины равен диаметру бурения	0
	Отклонения от диаметра бурения до 5 мм	1
	Отклонения от диаметра бурения более 5 мм	2

оценить информативность отдельных методов ГИС для анализа нарушенности пород каждого уровня, а также эффективность представленной методики.

Например, нарушенность пород  $O_2rg$  и  $O_3pb$  хорошо отражается на кривых КВ, вызывает дополнительную изрезанность на кривых КС, но почти не отражена на диаграммах ГК. Это может быть связано с тем, что нарушенность верхних горизонтов, вызванная гипергенными факторами, имеет широкое распространение не только в зонах нарушений, но и в нормальном поле, где на раздробленность и трещиноватость пород накладываются другие вторичные процессы (доломитизация, ожелезнение, повышение глинистости), повышающие радиоактивность пород. В скв. Р-2281, пробуренной в центре аномалии низкого сопротивления (см. Шогенова, 1989 рис. 1, 2), нарушенность этой части разреза отражается и на кривых ГК. Дополнительные аномалии ГК, оцененные в 2 балла, наблюдаются в осевой части зоны нарушения (скв. Р-2281) и соответствуют ожелезненным известнякам  $O_2kr$  и трещиноватым кавернозным доломитам  $O_2v\ddot{a}$ . Там же, на уровне  $O_1kp$ , наиболее сильная изрезанность кривой вызвана вторичными ожелезненными доломитами. Кажущиеся сопротивления пород в скв. Р-2281 наиболее низкие, кривая КС изрезана, корреляция пластов затруднена. На кривой (А2МО, 5N) наблюдаются дополнительные минимумы и максимумы, связанные с трещиноватостью и кавернозностью пород. Довольно сильно изрезаны кривые КС в скв. Р-2282 и Р-2283, частично в скв. Р-2280. Незначительная дополнительная изрезанность кривых КС в скв. Р-2279 и Р-2284 соответствует небольшим интервалам (не более 0,5 м) трещиноватых пород, отражающихся и на кривых КВ.

Сумму баллов по каждому горизонту (свите) можно использовать для сравнения нарушенности горизонтов между собой. Так, в данном

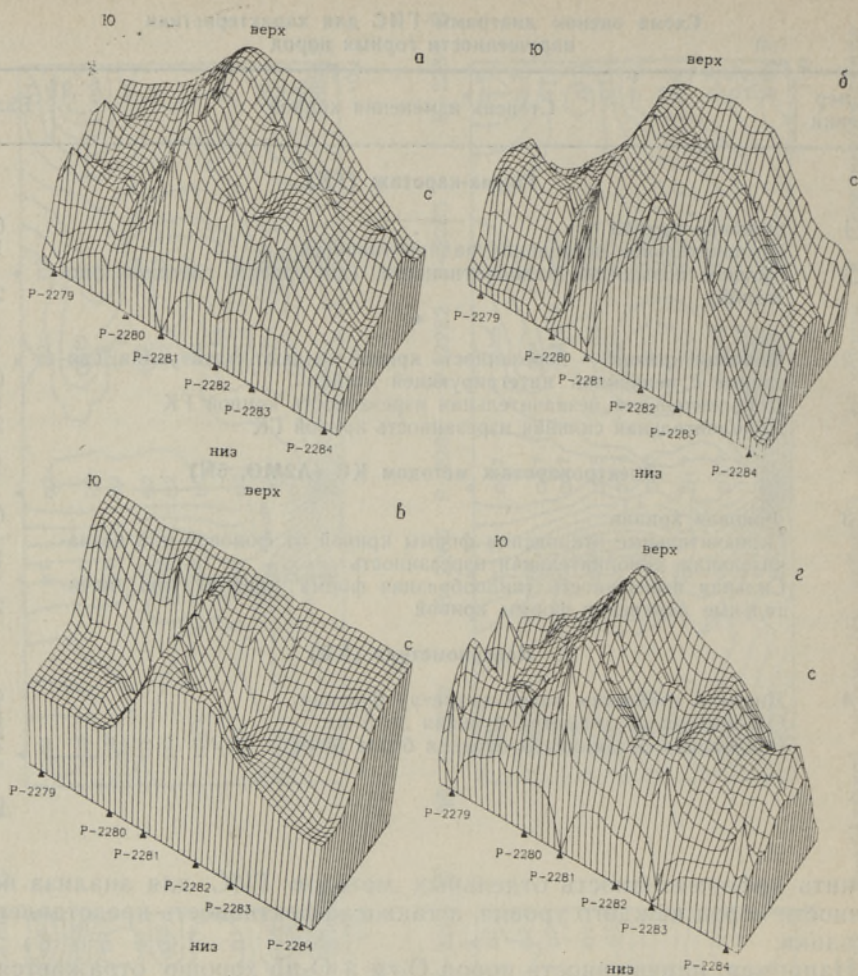


Рис. 2. Характеристика нарушенности разреза карбонатной толщи в объемном виде. а — по кривым ГК; б — по кривым КС; в — по кривым KB; г — по комплексу методов.

разрезе (скв. P-2279—P-2284) наиболее нарушены породы  $O_3pb + O_2rg$ ,  $O_2kl$ ,  $O_2jh$  и  $O_2kr$  около 7 баллов). Почти не отмечено по кривым ГИС нарушенности пород  $O_1lt$  (2,2 балла). Примерно 6 баллами оценены в сумме породы  $O_2hr$ ,  $O_2id$ ,  $O_2v\ddot{a}$ ,  $O_1kn$ . Немного меньше нарушены по кривым ГИС породы  $O_2kk$  и  $O_2as$  (около 5 баллов).

В заключение можно сделать вывод о том, что приведенная схема оценки кривых ГИС для характеристики нарушенности пород позволяет судить о трещиноватости и кавернозности пород по КС и KB, об интенсивности процессов доломитизации и ожелезнения, замещения пород остаточной глиной по ГК, о суммарной нарушенности пород (трещиноватость плюс вторичные процессы) на основании суммы оценок по всем перечисленным методам.

Используя предложенную методику в комплексе с анализом мощностей и структурным анализом, можно оценить устойчивость горного массива по данным ГИС с привлечением или без привлечения описаний керна скважин, оконтурить зоны нарушений, прогнозировать наличие карстовых полостей.

## ЛИТЕРАТУРА

- Газизов М. С. Карст и его влияние на горные работы. М., 1971.
- Геология и полезные ископаемые Раквереского фосфоритоносного района. Таллинн, 1987.
- Геофизические методы исследования скважин. Справочник геофизика. М., 1983.
- Гершанович И. М. Разведка месторождений подземных вод в трещиноватых породах геофизическими методами. М., 1975, 61—109.
- Дебранд Р. Теория и интерпретация результатов геофизических методов исследования скважин. М., 1972, 143—144.
- Исаев Ю. С., Вишняков Э. Х., Левин А. С. Геофизические методы исследований в горных выработках // Методы и критерии промышленной оценки минерально-сырьевой базы сланцедобывающих предприятий. Л., 1984, 111—125.
- Шогенова А. Расчленение ордовикской карбонатной толщи на Раквереском месторождении фосфоритов по данным скважинной геофизики // Изв. АН ЭССР. Геол., 1989, 38, № 1, 10—13.

*Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
14/VI 1988

A. SOGENOVA

### ORDOVIITSIUMI KARBONAATSE KIHTKONNA RIKUTUSASTME HINDAMINE KAROTAAZI ANDMETEL RAKVERE FOSFORIIDIMAARDLA PIIRES

Karbonaatkivimite rikutusastet hinnatakse kolme palli süsteemis: lõhelisust ja kavernoossust — elektrokarotaaži (näiveritakistuse meetodil) ja kavernomeetria andmetel; dolomitatsioon, rauaühenditega rikastumise ja saviga asendumise protsesside intensiivsust aga gammakarotaaži andmetel. Lõhevööndite veerohkust hinnatakse puurauku läbiva veehulga mõõtmise alusel. Personaalarvutite abil on tulemused kujutatud isojointena või ruumilise diagrammina niihästi iga karotaažimeetodi puhul eraldi kui ka summaarselt.

A. SHOGENOVA

### FRACTURING ESTIMATION OF THE ORDOVICIAN CARBONATE BEDS ON THE RAKVERE PHOSPHORITE DEPOSIT BY GEOPHYSICAL LOGGING

The influence of the tectonic fracturing and secondary alterations of rocks to the well logs in the Rakvere phosphorite deposit is considered for the first time. Method for fracturing estimation of the carbonate rocks based on the three-number scale is described. Degree of various features is estimated: fracturing and cavern porosity of the rocks using electric log (method of the apparent resistivity) and cavern logging method, intensity of the dolomitization and ironshoting, substitution of rocks by residual clay — using gamma-ray log, summary dislocations of the rocks (fracturing and secondary processes) — using the sum of the different wireline logs marks, water content of the distinguished fracture zones — using yield logging method. Fracturing intensity pictures of the studied section showing by the contour lines and in three-dimensional view for each logging method and for sum of methods are compiled on the personal computer (Figs 1, 2).