

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA  
**TOIMETISED**

**ИЗВЕСТИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР

**PROCEEDINGS**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE ESTONIAN SSR

**GEOLOGIA**  
**ГЕОЛОГИЯ**  
GEOLOGY

34 | 1

1985

*В. ФРОЛОВ, М. БЕЛЯКОВ,  
Р. РАУДСЕП, Х. ЛИЙВРАНД*

## ФТОР В ФОСФАТОНОСНЫХ ПОРОДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАКВЕРЕ

В осадочных фосфатоносных породах содержание фтора, тесно связанного с фосфатами, более значительно (4—5%), чем в других минералах (до 0,1%). При этом в большинстве случаев устанавливаются близкие к функциональным корреляционные связи между фтором и фосфором ( $P_2O_5$ ). Величины отношения  $F : P_2O_5$  в осадочных фосфоритных рудах в зависимости от их возрастных и генетических особенностей варьируют от 0,08—0,09 до 0,13—0,14. Например, минимальные значения здесь приурочены к нижнеордовикским органогенным фосфатоносным образованиям Прибалтики, а максимальные — к верхнеюрским хемогенным желваковым фосфатам центральной части Русской платформы. Выяснение закономерностей распределения фтора среди фосфатоносных пород и особенностей его взаимосвязей с фосфором способствует более полному изучению этого полезного ископаемого и может иметь важное прикладное значение.

В монографии Б. М. Гиммельфарба (1965; всего лишь по 4 анализам) и в работе А. И. Смирнова (1972; по 12 анализам) опубликованы данные о содержании фтора и значениях отношения  $F : P_2O_5$  в Прибалтийском фосфоритоносном бассейне. Немногочисленные данные о фтороносности эстонских фосфоритов приведены во многих работах (Koch, 1958; Лоога, 1962; Петерсель и др., 1981). Опубликованные данные о фтороносности пород недавно открытого месторождения Раквере отсутствуют (Раудсеп, Эскель, 1980). При поисках и разведке месторождений фосфоритов выполнены химические определения фтора (для Тоолсе 120, для Азери 55 и для Раквере 245 проб), однако из-за недостаточной точности они в настоящей статье не учитываются.

Основная причина неполноты данных по фтору в фосфатоносных породах — это трудность точного определения его малых количеств (до 2—3%) классическими химическими методами анализа. В настоящее время открылась возможность значительно повысить точность и одновременно экспрессность анализа малых содержаний фтора в породах нейтронно-активационным методом, точность и порог чувствительности которого 0,03—0,04%. Этот метод основывается на измерении интенсивности гамма-излучения азота-16, образующегося из фтора-19 под воздействием потока быстрых нейтронов. Новообразованный изотоп азота-16 характеризуется высокой энергией гамма-квантов, которые четко регистрируются с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра. Содержание фтора в породе устанавливается с помощью соответствующих градуировочных графиков или расчетным путем.

Целью настоящей статьи является охарактеризовать фтороносность фосфоритов\* и фосфатсодержащих пород разведываемого месторож-

\* Принятая в работе классификация соответствует «Геологическому словарю (1978, т. 2), по которому фосфориты — это породы, содержащие более 18%  $P_2O_5$ .

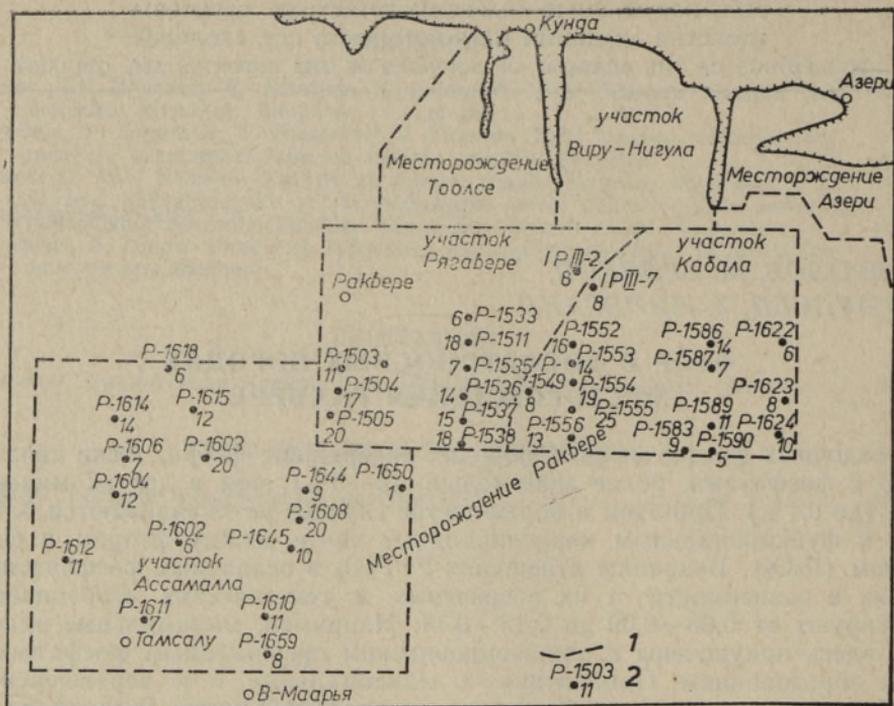


Рис. 1. Схема опробования. 1 — границы месторождений и участков; 2 — точка опробования и количество отобранных проб.

дения Раквере (рис. 1). Геологическое изучение и опробование фосфоритных отложений осуществляли Р. Раудсеп и Х. Лийвранд (Управление геологии ЭССР), аналитические работы и геохимические исследования — В. Фролов и М. Беляков (ГИГХС).

На месторождении из керна 40 буровых скважин, относительно равномерно расположенных на рассматриваемой площади, были отобраны и изучены 470 проб, из которых фосфориты составили 80, фосфатсодержащие породы 350 и вмещающие породы 40 проб. Фосфатносная толща месторождения сложена породами каллавереской свиты нижнего ордовика: кварцевыми песчаниками, детритистыми и детритовыми кварцевыми песчаниками, детрититами, ракушняками и др. (Раудсеп, Хазанович, 1980). Мощность толщи колеблется в пределах от 1,5 до 12,9 м.

В целях оценки распределения фтора в фосфатах кальция и в разных группах пород в работе были использованы значения отношения  $F:P_2O_5$ . Последние в наибольшей степени информативны для пород, содержащих более 30% фосфатов кальция (более 12%  $P_2O_5$ ). В породах же с относительно низкими содержаниями  $P_2O_5$  (менее 8—10%) на значения отношения  $F:P_2O_5$  возможно некоторое влияние фтора, содержащегося в нефосфатных минералах — в амфиболах, сфене, турмалине и в ряде других аксессуаров. Не исключается и присутствие малых количеств флюорита. Как показали исследования, количество фтора, не связанного с фосфатами, обычно не превышает в породах 0,04—0,05% и оно способно оказать некоторое существенное влияние на показатели отношения  $F:P_2O_5$  только в породах с низкими содержаниями  $P_2O_5$ , что учтено в интерпретации результатов.

В латеральном направлении низкокачественные руды, представленные преимущественно кварцем, сменяются высококачественными, кото-

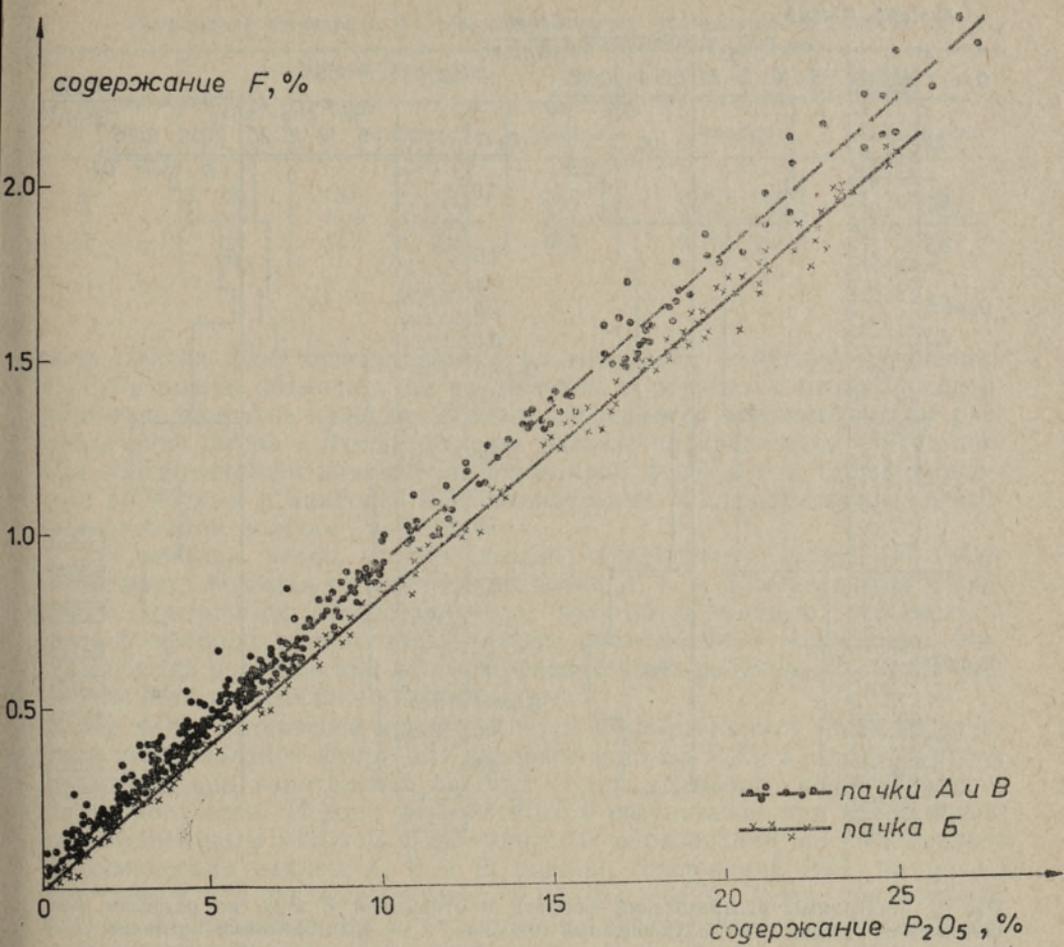


Рис. 2. Диаграммы распределения фтора и отношения  $P_2O_5$  по геохимическим пачкам.

рые состоят в основном из фосфатного детрита и створок раковин беззамковых брахиопод. Все это на данной стадии изученности не позволяет обеспечить строгую привязку результатов опробования исследований к их стратиграфическим разделениям фосфатноносного разреза. Поэтому для удобства последующего изложения материалов предлагается условно разделить разрез на 3 геохимические пачки — А, Б и В. В нижнюю пачку А включены отложения маардуской (около 3 м) и низов суурйыгской пачки (до 3 м). В пачке Б рассматриваются отложения, развитые в средней части разреза суурйыгской пачки (до 2—3 м), а в пачке В — ее верхние слои (до 3 м).

Фосфатноносные образования в выделяемых геохимических пачках отличаются разной степенью концентрации фтора в фосфатах кальция — максимальные значения в породах пачек А и В, а минимальные — в пачке Б (рис. 2). Содержание фтора, соответствующее 39,5%  $P_2O_5$ , в мономинеральном фосфате пачек А и В в среднем составляет 3,3% (37 проб), а в пачке Б — 3,6% (43 пробы).

В соответствии с отмеченными концентрациями фтора в продуктивном разрезе мономинеральных фосфатов распределены значения отношения  $F:P_2O_5$  для пород и руд. Проиллюстрировать сказанное представляется удобным на примере отложений, вскрытых буровой

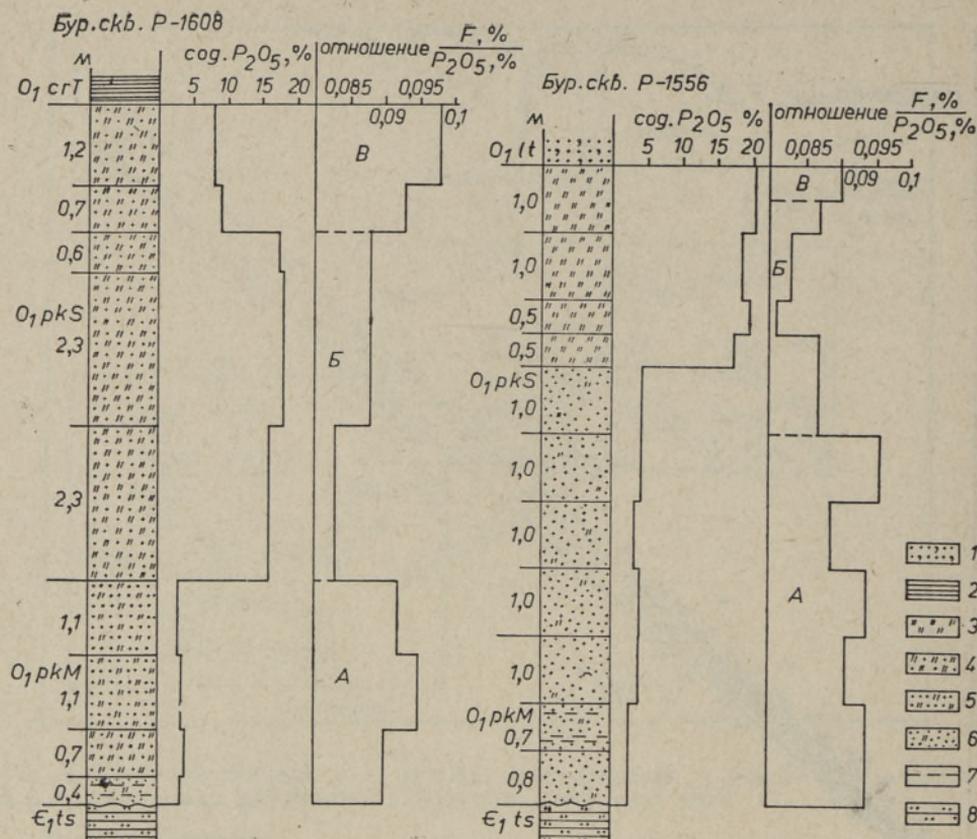


Рис. 3. Диаграммы распределения фосфата и отношения  $F:P_2O_5$  по разрезам фосфатоносной толщи. 1 — глауконитовый песчаник; 2 — граптолитовый аргиллит; 3 — детритит; 4 — детритовый песчаник; 5 — детритистый кварцевый песчаник; 6 — кварцевый песчаник; 7 — прослойки глины; 8 — алевролит.

скважиной P-1608 (рис. 3). Она пройдена на западе месторождения (сев. уч. Ассамалла), где продуктивная толща перекрыта аргиллитами цератописевого горизонта, и, в принципе, существует наибольшая возможность обнаружить все подразделения рассматриваемого разреза (изменчивость мощностей в данном случае не учитывается). Выделяемые в фосфатоносном разрезе геохимические пачки достаточно четко обозначены показателями отношения  $F:P_2O_5$  (рис. 3). Соответственно эти значения составляют: в пачке А 0,090—0,095; в пачке В 0,083—0,088; в пачке В 0,093—0,098. Эти же геохимические пачки по показателям  $F:P_2O_5$  прослежены и в той части месторождения, где из разреза выпадают слои цератописевого возраста и, видимо, верхние слои фосфатоносной толщи (скв. P-1556, уч. Кабала). Выделяемые на рис. 3 геохимические пачки А и Б характеризуются большими мощностями, чем в вышерассмотренном разрезе, что не согласуется с очень малой мощностью пачки В. Данное обстоятельство, видимо, отражает разрыв верхних горизонтов фосфатоносной толщи. Значения показателей отношения  $F:P_2O_5$  в рассматриваемых пачках А, Б и В соответственно составляют 0,089—0,096; 0,081—0,087 и 0,09.

Из рассмотренного выше достаточно наглядно явствует, что абсолютного тождества фтор-фосфорных показателей при выделении пачек А, Б и В ожидать не следует. Отчасти это связано с размывом и фаціальными особенностями фосфатоносных образований, но не в мень-

Показатели отношения  $F : P_2O_5$  в фосфоритах месторождения Раквере

Геохимические пачки	Число проб	$P_2O_5$ , %			$F : P_2O_5$	
		крайние		средний	крайние	средний
В	20	16,8	27,4	21,0	0,088—0,096	0,091
Б	43	16,8	24,9	20,6	0,081—0,086	0,084
А	17	17,2	24,1	19,9	0,088—0,096	0,091

шей степени факт относительного разнообразия значений отношения  $F : P_2O_5$  можно объяснить их искажением в породах с низкими содержаниями фосфатов кальция. Описанный характер закономерностей распределения фтора в фосфатоносном разрезе подкрепляется статистически обработанными данными выборок проб фосфоритов, сгруппированных по пачкам и наиболее представительных и информативных в рассматриваемом вопросе (таблица).

Из таблицы видно, что по степени концентрации фтора ( $F : P_2O_5$ ) в фосфатах кальция геохимические пачки А, Б и В выделяются достаточно контрастно. Представляется, что обнаруженные особенности фтор-фосфорных взаимосвязей найдут применение в корреляции фосфатоносных разрезов при поисково-разведочных работах, что будет способствовать их успешному завершению.

Не менее интересной представляется открывающаяся здесь перспектива использования фтора для экспресс-анализа  $P_2O_5$  в стволе буровой скважины при каротажных работах и для уточнения мощностей продуктивного слоя. Исходя из имеющихся результатов при опробовании корреляционным методом фосфатоносных образований по выделяемым геохимическим пачкам А, Б и В, ошибки содержаний  $P_2O_5$  не превысят  $\pm 3-4$ , а в среднем составят  $\pm 1,5-2,0$  отн.%. Такие предпосылки позволяют надеяться на то, что методы экспрессного опробования полезного компонента внесут свой вклад в дело изучения фосфатного сырья Прибалтики и смогут способствовать повышению эффективности поисково-разведочных работ. В практике поисково-разведочных работ на месторождениях Малого Каратау (Кошелев и др., 1975) при помощи каротажных работ в скважинах осуществляется экспрессный анализ  $P_2O_5$  по корреляции со фтором.

## ЛИТЕРАТУРА

- Гиммельфарб Б. М. Закономерности размещения месторождений фосфоритов СССР и их генетическая классификация. М., 1965.
- Кошелев И. П., Беленко Р. Д., Шварцман Н. П. Результаты применения комплекса ядерно-физических методов исследования скважин фосфоритовых месторождений бассейна Малого Каратау. — В кн.: Ядерно-физические методы опробования скважин на месторождениях фосфоритов, апатитов и плавикового шпата. Алма-Ата, 1975.
- Лоог А. Р. О фосфатном материале оболочковых фосфоритов. — Изв. АН ЭССР, серия физ. мат. и техн. наук, 1962, XI, 229—235.
- Петерсель В., Минеев Д., Лоог А. О минералогии и геохимии оболочковых песчаников и диктионемовых сланцев Северной Эстонии. — Уч. зап. Тартуского гос. ун-та, 1981, 561, 30—49.
- Райдсел Р., Хазанович К. Классификация литологических разновидностей ракушечных фосфоритов Прибалтийского фосфоритоносного бассейна. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 147—153.
- Райдсел Р., Эскель Ю. Особенности геологического строения фосфоритоносной толщи южнее месторождения Тоолсе. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 84—86.