

*В. ПУУРА, Р. РАУДСЕП, В. РАСС,
И. ТУУЛИНГ*

О ЗОНАХ ДИСЛОКАЦИИ И ВТОРИЧНОЙ ДОЛОМИТИЗАЦИИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РАКВЕРЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ

За прошедшее десятилетие обнаружено и исследовано на поисковой стадии новое, крупнейшее в Эстонии Раквереское месторождение ракушечных фосфоритов (Раудсеп, Эскель, 1980). Его наиболее детально изученная северо-восточная часть в окрестностях сел Рягавере и Кабала характеризуется большой мощностью пласта фосфоритов (от 3 до 12 м, в среднем 5 м) и наиболее высокими средними содержаниями полезного компонента в руде (в среднем 10—12% P_2O_5). Предполагается промышленное освоение ее в обозримой перспективе. Одновременно эта часть Раквереского месторождения отличается наиболее сложными геологическими условиями ввиду дочетвертичных эрозийных врезов в перекрывающей толще карбонатных пород, тектонических нарушений и вторичных изменений фосфоритной руды (рис. 1). Геологические осложнения могут стать причиной существенных потерь при добыче, которая ввиду большой глубины возможна только подземным способом (Петросянц и др., 1981). В настоящей статье изложены предварительные результаты изучения тектоники и распространения доломитизации пласта фосфоритов и перекрывающей толщи известняков. Материалы собраны в ходе поисков фосфоритов и дополнительно обработаны данные разведки горючих сланцев, глубинного картирования и других работ.

Структура месторождения. Зоны дислокации

Общие черты структуры месторождения фосфоритов предопределены его расположением на южном склоне Балтийского щита, в пределах Эстонской моноклинали, где осадочные толщи полого, под углом 10—15°, наклонены в южном направлении (Пуура, Мардла, 1972; Тектоника Прибалтики, 1979). Фосфоритоносные отложения — породы каллавереской свиты (пакерортский горизонт тремадокского яруса) — являются наиболее древними, базальными слоями ордовика Балтийского бассейна. Они залегают с весьма крупным стратиграфическим (параллельным) несогласием на выровненной поверхности нижнекембрийских алевролитов и песчаников. В описываемом районе перекрывающая толща представлена в основном известняками нижнего и среднего ордовика, а также четвертичными отложениями. Мощность перекрывающей толщи увеличивается с севера на юг от 50 до 130 м, внутри ее (на 32—33 м выше кровли фосфоритного слоя) залегает промышленный пласт горючих сланцев (западное крыло Эстонского месторождения горючих сланцев, рис. 2). Внутренняя структура ордовикской толщи отличается выдержанным литологическим составом и постоянной мощностью стратиграфических единиц. Опорные структур-

ные поверхности параллельны между собой, это обстоятельство благоприятно для структурного анализа.

При таком спокойном общем фоне структурные условия конкретного участка зависят от того, в какой степени там развиты локальные нарушения. В пределах Эстонской моноклинали повсеместно, но обычно редко встречаются линейные дислокации и участки прерывистой складчатости (Тектоника Прибалтики, 1979). Описываемая часть Раквереского месторождения отличается в Северной Эстонии почти максимальной встречаемостью линейных дислокаций. В северо-восточном направлении она пересекается крупнейшим в Северо-Восточной Эстонии Азерским нарушением (Вахер и др., 1978). Выделяется ряд более мелких нарушений субмеридионального (Раквереское), субширотного (Сымеруское, Канткюлаское) и северо-восточного (Мийлаское) направлений. Кроме того, почти в центре района ордовикские отложения осложнены субизометричной мульдой (Вахер и др., 1962), природа которой остается неустановленной поныне. Составлена структурная карта подошвы кукрузеского горизонта (рис. 1), которая благодаря параллельности слоев вполне объективно отражает также структуру фосфоритного слоя.

На уровне ордовикских отложений Азерская линейная дислокация в поперечном разрезе представляет собой сочетание флексуры (по оси нарушения, с наклоном слоистости $5-15^\circ$ в северо-западном направлении), весьма пологой антиклинали в приподнятом юго-восточном крыле и подобной же синклинали в опущенном северо-западном крыле. Обозначенные на карте продольные складки отражаются соответственно в виде структурного носа и структурного залива. Амплитуда смещения по центральной флексуре достигает 22 м. Однако, если исключить амплитуды продольных складок, то смещение блоков моноклинали относительно друг друга достигает только 15 м. Общая ширина линейной дислокации по внешней границе продольных складок в пределах 3—4 км. Степень дислокации слоев, вероятно, увеличивается в направлении центра зоны нарушения, как это установлено горной выработкой вкост Ахтмеского нарушения в центральной части Эстонского месторождения горючих сланцев (Каттай, Вингисаар, 1980): в этом направлении увеличивается наклон слоистости, степень трещиноватости, закарстованности известняков и доломитизации. О нарушенном состоянии пород в центре дислокации свидетельствует также совпадение с ним электрометрической аномалии проводимости (рис. 1).

Аналогичное зональное строение имеет также субмеридиональное Раквереское нарушение, у которого четко выражена антиклиналь в приподнятом восточном крыле. Зональное строение более мелких нарушений на данной стадии изучения не выделяется, но может предполагаться по аналогии с нарушениями более детально изученных районов Эстонского месторождения горючих сланцев. Амплитуда смещения Раквереского нарушения колеблется в пределах 8—20 м, остальных нарушений — до 5—8 м. Осевой части нарушений, выделяющихся на структурной карте, обычно соответствует электрометрическая аномалия. Кроме того, по данным электроразведки и бурения, встречаются безамплитудные зоны дробления, нередко с карстом.

Как указано выше и как следует из детального изучения Ахтмеской зоны, на уровне ордовикской карбонатной толщи зоны дислокации представляют собой сочетание различных пликативных форм, на фоне которых смещения по разрывам имеют второстепенное значение. Ввиду этого часть авторов склоняется даже к подчеркиванию их пликативного характера (Каттай, Вингисаар, 1980). Однако, по данным глубинного картирования, линейные дислокации соответствуют глубоким междублоковым зонам дробления и катаклаза пород кристаллического

фундамента (Пуура, Судов, 1976), т. е. по генетической природе они относятся к группе дизъюнктивов.

Мульда Сями имеет поперечник 1,5—2 км и амплитуду опускания ордовикских пород порядка 50 м (Вахер и др., 1962). Хотя глубинное строение этой мульды изучено недостаточно, по данным глубокой скважины Кабала и гравиметрии создается впечатление, что на уровне поверхности кристаллического фундамента (абсолютная отметка порядка — 180 м) эта структура более не отражается. Ордовикские породы в пределах мульды интенсивно раздроблены.

Доломитизация известняков и фосфоритов

Эпигенетическая доломитизация известняков ордовика и силура имеет региональное распространение в Северной Прибалтике (Пичугин и др., 1976). Выделяется два морфологических типа доломитовых тел — ареальный (Вингисаар, Таалман, 1974) и зональный (секущие зоны) в тектонических нарушениях (Вахер и др., 1962). В рассматриваемом районе преимущественно распространен второй тип доломитизации карбонатной толщи ордовика, хотя отдельные слои представлены и доломитами ареального типа. В кембрийских терригенных отложениях Северной Прибалтики достаточно широко распространена послойная карбонатная минерализация катагенетической природы и преимущественно доломитового или железисто-доломитового состава (Пиррус, 1977). Соотношения этой минерализации с эпигенетической доломитизацией вышележающей карбонатной толщи ордовика не изучены, нет сведений о возможном влиянии эпигенетической доломитизации тектонических зон на раннекатагенетическую (по данным Э. Пирруса, 1977) карбонатную минерализацию в кембрийских отложениях. Изменчивое распространение карбонатных минералов в фосфоритах Эстонии — явление общеизвестное, однако закономерности распределения карбонатных минералов, в частности доломита, остаются слабо изученными.

Для характеристики распределения доломита в пласте фосфоритов систематизировано описание керна скважин, а также обработаны результаты стандартных химических анализов руд. Для изучения соотношений зон доломитовой минерализации фосфоритов и доломитизации перекрывающих известняков специально опробованы (рис. 1, 3) известняки средней и верхней части ласнамягского и идавереского горизонтов (в качестве реперов), которые обычно представлены первичными известняками. Опыт изучения вертикальных зон доломитизации (Вахер и др., 1962; Пичугин и др., 1976) вполне убедительно свидетельствует о возможности картировать распространение их по результатам опробования выборочных уровней известняков и по макроскопическим описаниям. Фоновое содержание (рис. 4) окиси магния в оболовых фосфоритах пакерортского горизонта ($O_1 pk$) до 1%, в известняках ласнамягского горизонта ($O_2 ls$) до 7%, а в известняках идавереского горизонта ($O_2 id$) до 5%. Как показывает статистическая кривая, доломитизированные разности не концентрируются в какие-то определенные группы, а распределяются случайно, в зависимости от степени доломитизации конкретных интервалов. Максимальное содержание MgO доходит в фосфоритах до 5, а в перекрывающих карбонатных породах до 20 ($O_2 ls$) и 19% ($O_2 id$).

Пространственное распределение обогащенных доломитом разновидностей руд и пород преимущественно контролируется зонами тектонических нарушений. Таким же пространственным закономерностям подчиняется распределение в рудах и породах повышенного содержания марганца, железа, никеля, меди и пониженного содержания стронция (рис. 3). В целом в ряду пород известняк—доломит выдержи-

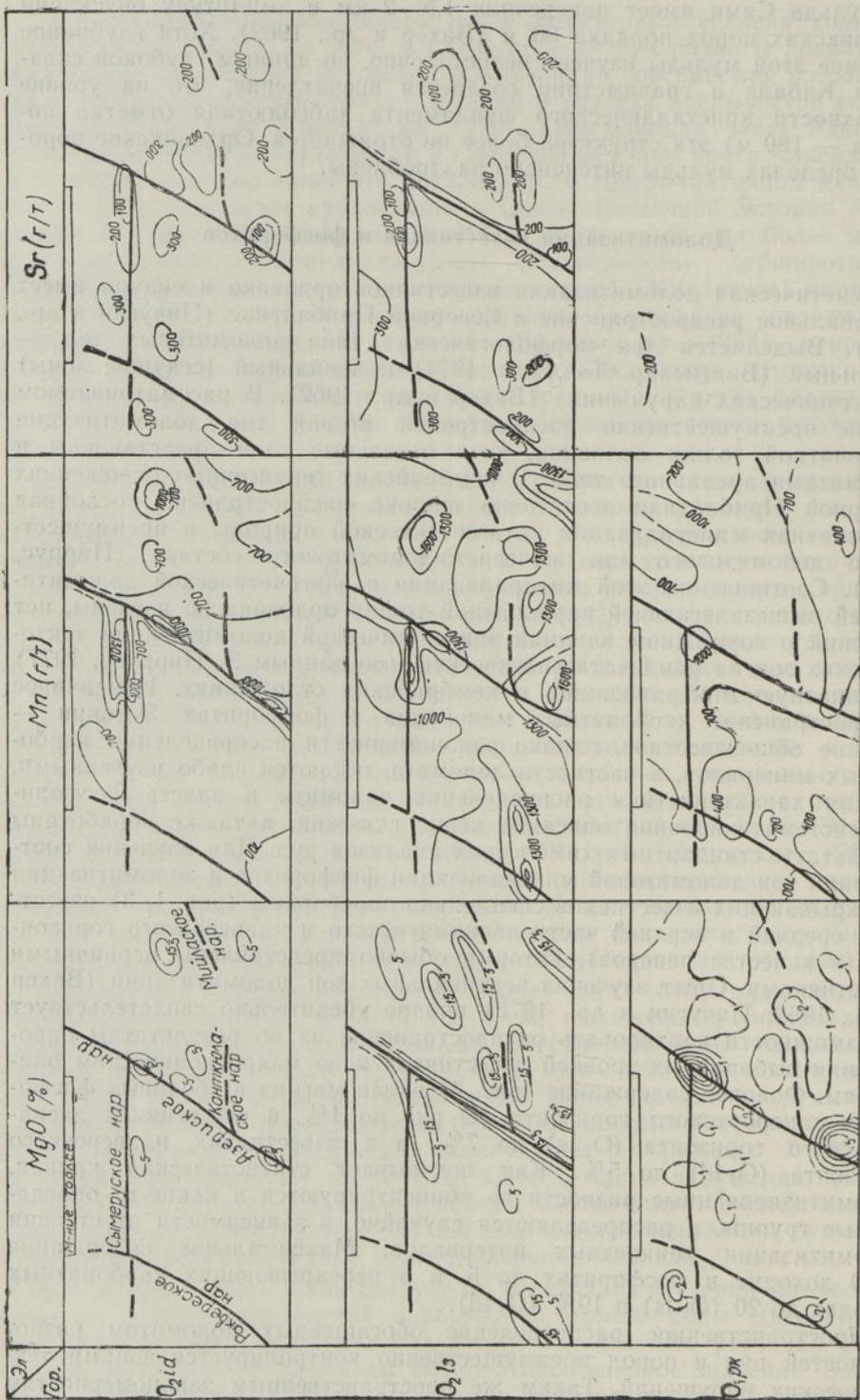


Рис. 3. Схема аномальных содержаний MgO, Mn и Sr в породах идаверского (O₂id), ласнамяяского (O₂ls) и пакероргского (O₂pk) горизонтов. I — линии равных содержаний.

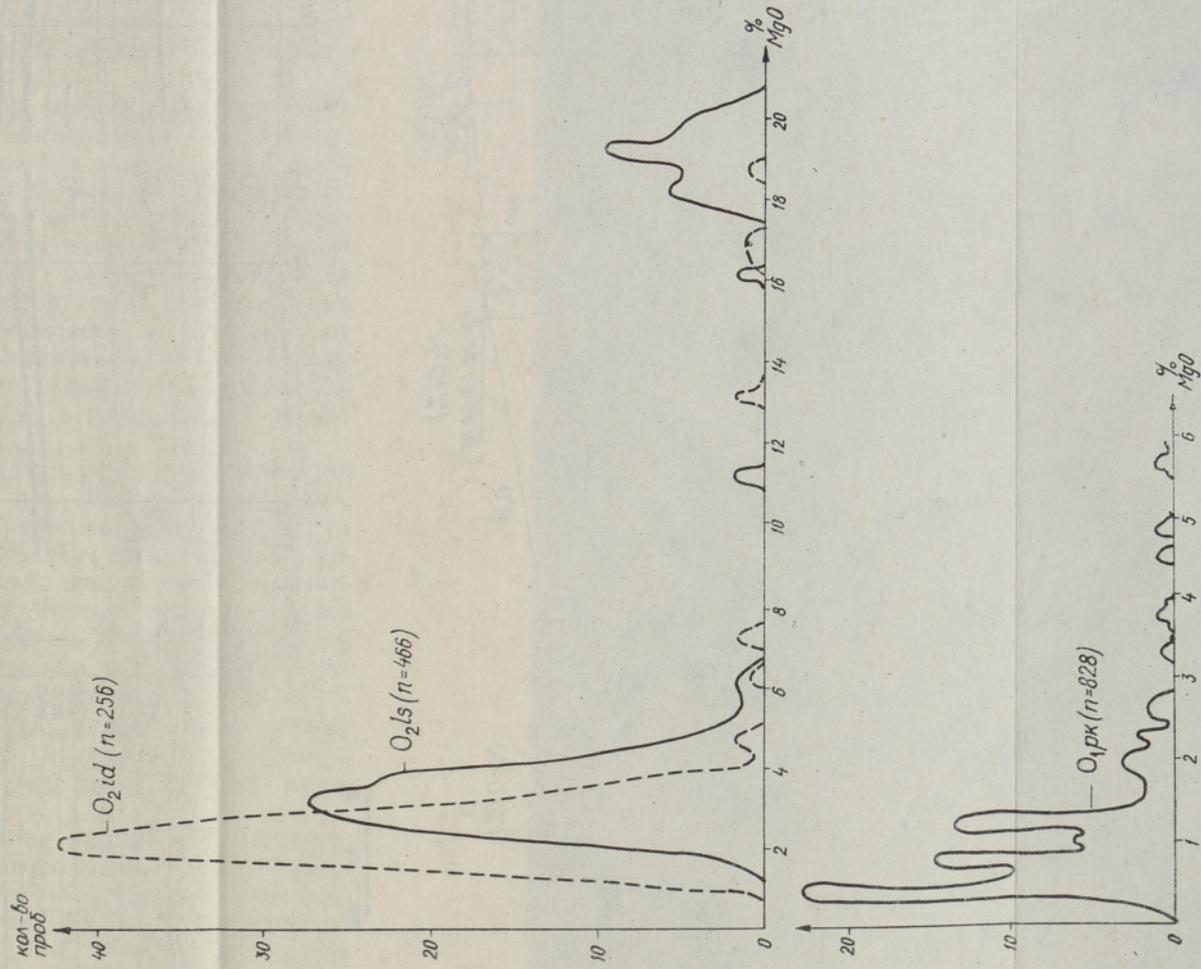


Рис. 4. Распределение содержания MgO в породах разных горизонтов.

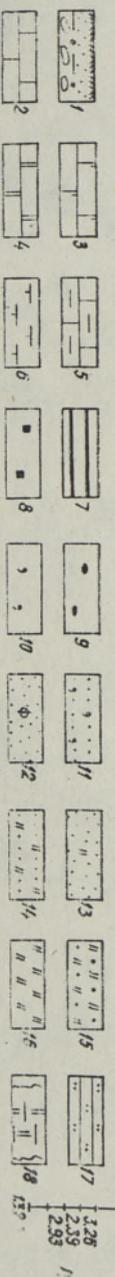
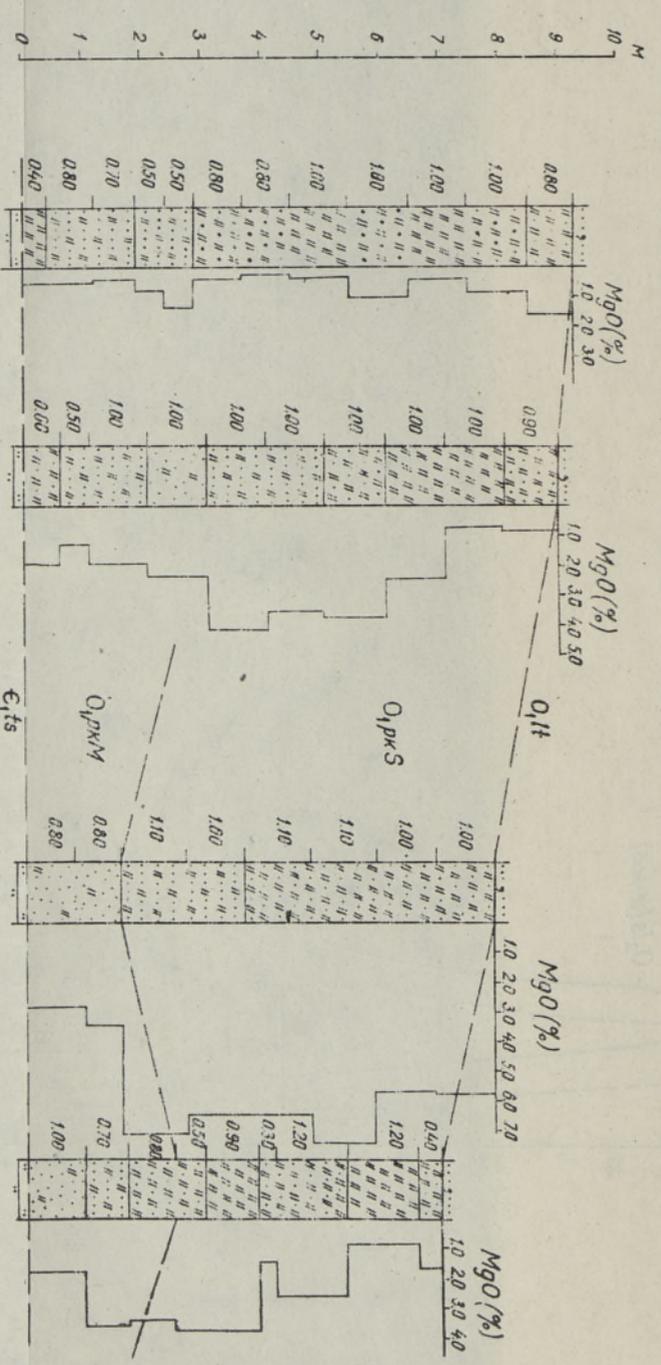
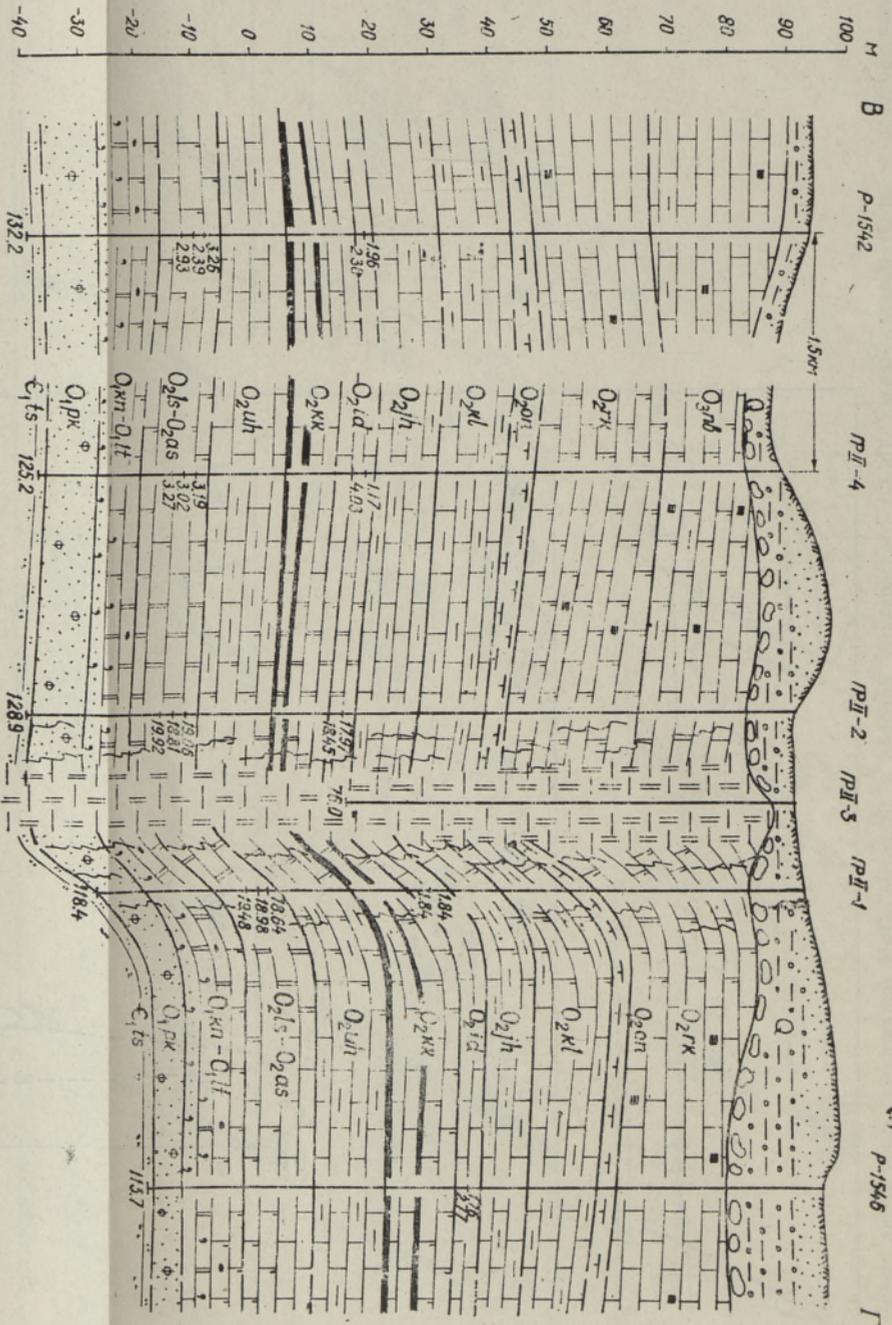


Рис. 5. Разрез зоны Азерского тектонического нарушения (вверху) и распределение MgO в пласте фосфоритов, по данным химических анализов проб руды в том же разрезе (внизу). 1 — четвертичные отложения, 2 — известняк, 3 — известняк доломитовый, 4 — доломит, 5 — известняк глинистый, 6 — мергель, 7 — прослой горючего сланца, 8 — пиритные узоры, 9 — оолиты гидроксидов железа, 10 — зерна глауконита, 11 — глауконитовый песчаник, 12—16 фосфоритовая толща: пераселенная (12), песчаный кварцевый (13), песчаный кварцевый депрессивный (P_2O_5 4—9%) (14), песчаный депрессивный (P_2O_5 9—18%) (15), депрессивный кварцевый ($P_2O_5 \geq 18\%$) (16), 17 — алевролит кварцевый, 18 — раздробленные и доломитизированные породы в зоне тектонического нарушения, 19 — буровая скважина, ее номер (вверху) и глубина, м (внизу), содержание MgO (в %) в породах палеозойского и ласнамптского горизонтов (цифры справа).

ваются закономерности распределения компонентов, установленные П. Вингисааром с соавторами (1981). Такие закономерности доломитизации и распределения микроэлементов подтверждают предположение (Пичугин и др., 1976), согласно которому единый процесс доломитизации в тектонических зонах охватывал, помимо известняков, также нижезалегающие фосфориты.

Хотя зоны тектонических нарушений Раквереского месторождения остаются слабо изученными (расстояние между скважинами в профиле обычно не менее 50—100 м), уже имеются конкретные примеры сплошной доломитизации всей карбонатной толщи и нижезалегающих фосфоритов в зонах Сымеруского, Раквереского и особенно Азериского (рис. 5) нарушений. Морфология тел доломитизации в плане и разрезе может быть весьма причудливой, особенно изменчива ширина зоны измененных пород. В описанном конкретном случае (рис. 5) зона обогащения доломитов на уровне фосфоритного пласта шире, чем в вышезалегающих известняках.

Совпадение в плане доломитизации пород разных стратиграфических уровней позволяет прогнозировать доломитизацию в глубину, в частности с детально изученного уровня горючих сланцев на уровень фосфоритов и использовать для этого электрометрические данные. Так, зоны обогащенных доломитом фосфоритов предполагаются в пределах малоамплитудных и безамплитудных тектонических нарушений (рис. 1). Кроме того, некоторое количество точек доломитизации известняков выпадает из известных или предполагаемых тектонических зон, особенно на участках к востоку от Азериского и к северу от Сымеруского нарушений. Ареальный тип доломитовой минерализации в фосфоритах может оказаться генетическим аналогом карбонатной минерализации, описанной Э. Пиррусом (1977) в кембрийских терригенных отложениях.

Минеральные превращения при метасоматической доломитизации карбонатных пород изучены ранее (Вахер и др., 1962; Пичугин и др., 1976; Вингисаар, Утсал, 1978) и сводятся к появлению, по мере роста степени доломитизации, все большего количества кристаллов доломита в породе. Минеральные превращения при доломитовой минерализации в фосфоритах изучены пока слабо. Чистые створки оболит содержат более или менее постоянное количество (первичной) окиси магния 0,6—0,7%. Следовательно, при содержании ракушечного материала 30—40%, на долю последнего приходится только 0,2—0,3% MgO в руде. Остальная часть окиси магния распределена между кристаллами доломита различной крупности в цементе руды, песчано-доломитовыми конкрециями и в незначительной мере другими минералами (глауконит и т. д.).

Немногочисленные пока определения состава карбонатных минералов в фосфоритах дифрактометрическим методом (К. Утсал, Тартуский госуниверситет), а также исследования технологических проб фосфоритов сотрудниками ГИГХСа показали, что вблизи тектонических нарушений доломит иногда содержит заметное количество железа (т. е. представлен анкеритом или паранкеритом). Железистые разновидности доломитов встречаются в доломитовых прожилках карбонатной толщи (Пичугин и др., 1976) и особенно характерны для диагенетического цемента в кембрийских терригенных породах (Пиррус, 1977).

Заключение

Возраст и генезис зон дислокации и доломитизации по материалам описанного участка не могут быть определены. По данным региональных исследований, линейные дислокации, вероятно, имеют позднекале-

донский (рубеж силура и девона или ранний девон) возраст (Тектоника Прибалтики, 1979; Пуура, 1979), а проявления доломитизации и тесно связанной с ней полиметаллической сульфидной минерализации — позднекаледонский либо герцинский возраст (Вахер и др., 1962; Пичугин и др., 1976; Пуура, Судов, 1976). Различные концепции генезиса секущих тел метасоматических доломитов рассмотрены М. С. Пичугиным с соавторами (1976). Наиболее вероятным источником магния представляются магниезальные растворы, скорее всего термальные, поступившие по тектоническим нарушениям из глубин кристаллического фундамента.

Описанные явления имеют существенное практическое значение при разработке месторождения. Горногеологические и гидрогеологические условия разработки пласта фосфоритов не могут быть охарактеризованы без учета осложняющих факторов, связанных с древними эрозионными врезами (погребенными долинами), тектоническими нарушениями и зонами карбонатной, преимущественно доломитовой цементации. Хотя условия разработки фосфоритов на рассматриваемой площади пока специально не изучены, для прогноза осложнений возможно привлечь данные об условиях разработки Эстонского месторождения горючих сланцев, а также Кингисепского месторождения фосфоритов. Установлено, что коренное дно древних долин характеризуется повышенной трещиноватостью и обводненностью на глубину в десятки метров. Подземная отработка горючих сланцев в центральной части крупных нарушений невозможна из-за недостаточной устойчивости кровли выработок. По степени разрушенности в поперечном разрезе Ахтмеского нарушения выделяют три различных подзоны, из них две внешние — симметрично парные (Каттай, Вингисаар, 1980). Проходка опытной выработки оказалась невозможной в центральной и затруднительной во второй от центра подзоне. Таким образом, в крупнейших нарушениях вероятная ширина зоны, опасной для ведения горных работ, составляет не менее чем сотни метров. Вся зона нарушения характеризуется повышенным водопритокком в подземные горные выработки, а местами возможны прорывы вод (Доманова, Каттай, 1980).

Отрицательное влияние доломитовой цементации фосфоритов двоякое. С одной стороны, цементация повышает прочность фосфоритного слоя, что затрудняет разработку. С другой стороны, доломитизированные разности руд менее качественны, с точки зрения обогащения и химической переработки. Эффективное ведение горных работ и полное извлечение запасов фосфоритов описываемой части Раквереского месторождения возможно лишь в случае тщательного изучения осложняющих факторов его геологического строения в ходе дальнейших геологоразведочных и научно-исследовательских работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Вахер Р. М., Кала Э. А., Пуура В. А. Линейные дислокации осадочного чехла Северной Эстонии. — В кн.: Локальные структуры Белоруссии и Прибалтики (Тез. VII совещ. по тектонике Белоруссии и Прибалтики). Вильнюс, 1978, 31—34.
- Вахер Р. М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. Тектоническое строение Северо-Восточной Эстонии. — В кн.: Труды Института геологии АН ЭССР. X. Геология палеозоя. Таллин, 1962, 319—335.
- Вингисаар П., Гулова Х., Кийли Т., Таалманн В. Распределение микроэлементов в карбонатных породах ордовика и силура Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Геол. 1981, 30, 106—110.
- Вингисаар П., Таалманн В. Обзор доломитизации нижнепалеозойских карбонатных пород Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1974, 23, 237—243.
- Вингисаар П. А., Утсал К. Р. О породообразующих карбонатных минералах палеозоя. — Сов. геология, 1978, № 12, 107—115.

- Доманова Н., Каттай В. Гидрогеологические условия северо-восточной части Ахтмеского тектонического нарушения. — Изв. АН ЭССР, Геол., 1980, 29, 158—166.
- Каттай В., Вингисаар П. Строение зоны Ахтмеского тектонического нарушения. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 55—62.
- Петросянц Э., Загураев В., Кивит А., Мустыги Э. Состояние и перспективы промышленного освоения Ракверской фосфоритоносной площади. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1981, 30, 79—82.
- Пиррус Э. Основные черты карбонатной минерализации в терригенных отложениях кембрия Северной Прибалтики. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1977, 26, 191—198.
- Пичугин М. С., Пуура В. А., Вингисаар П. А., Эрисалу Э. К. Региональные проявления метасоматической доломитизации в связи с тектоническими нарушениями в нижнепалеозойских отложениях Северной Прибалтики. — Сов. геология, 1976, № 10, 78—90.
- Пуура В. А. Об унаследованности дифференцированных тектонических движений на южном склоне Балтийского щита. — В кн.: Проблемы унаследованности тектонических структур в Прибалтике и Белоруссии. Таллин, 1979, 13—19.
- Пуура В., Мардла А. Структурное расчленение осадочного чехла в Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1972, 21, 71—77.
- Пуура В., Судов Б. О зонах платформенной тектонической активизации южного склона Балтийского щита и их металлогении. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 1976, 25, 206—214.
- Рaudsep P., Эскель Ю. Особенности геологического строения фосфоритоносной толщи южнее месторождения Тоолсе. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 84—87.
- Тектоника Прибалтики. Вильнюс, 1979.

Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
7/VII 1982

Управление геологии
Эстонской ССР

V. PUURA, R. RAUDSEP, V. RASS, I. TUULING

RAKVERE FOSFORIIDIMAARDLA KIRDEOSA RIKKE- JA DOLOMIIDISTUMISVÖÖNDID

Maardla kirdeosas esineb suhteliselt rohkesti erisuunalisi rikkevööndeid. Ulatuslikem on kirde-edelasuunaline Aseri rike, mille laius on 3—4 km ja amplituud ulatub 23 m-ni. Rikkevöönditega kaasneb fosforiidikihi ja teda katvate lubjakivide dolomiidistumine ning mõningate elementide suurem sisaldus. Tektoonilised rikked ja dolomiidistumine, aga samuti kvaternaarieelsete orgudega seotud lõhelisus raskendavad kaevandamist, fosforiidi dolomiidistumine ja raualisand fosforiidi rikastamist ja kontsentraadi keemilist töötlemist. Toormekadude vähendamiseks kaevandamisel on vajalik mainitud asjaoludele uuringute staadiumis küllaldaselt tähelepanu osutada.

V. PUURA, R. RAUDSEP, V. RASS, I. TUULING

TECTONIC FAULTS AND DOLOMITIZATION IN THE NE PART OF THE RAKVERE PHOSPHORITE DEPOSIT

The north-eastern part of the Rakvere phosphorite deposit contains numerous different-oriented fault zones. The most extensive one is the Aseri fault zone which attains a width of 3—4 km and an amplitude of 23 m. The fault zone is associated with a dolomitization of the phosphorite stratum and the above-lying limestones, as well as by an increased content of some elements. The tectonic faults and the dolomitization, and also the cracks connected with Pre-Quaternary valleys represent obstacles to mining; the dolomitization of phosphorite and the addition of Fe make the concentration of phosphorite and its processing rather complicated. In order to diminish losses in the raw material, it is necessary to pay sufficient attention to those circumstances already during preliminary investigations.