EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 29. KÖIDE
GEOLOOGIA. 1980, NR. 2

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 29
ГЕОЛОГИЯ. 1980, № 2

УДК 551.24 : 552.5(474.2)

В. КАТТАЙ, П. ВИНГИСААР

СТРОЕНИЕ АХТМЕСКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ

Северо-Восточная Эстония с расположенным в ее пределах Прибалтийским сланцевым бассейном находится на южном погребенном склоне Балтийского щита и представляет собой двухъярусную моноклиналь, поверхность фундамента и осадочный чехол которой погружаются на юг с азимутом 179° и углом 9′, или 2,6 *м/км* (Пуура, Мардла, 1972). Региональные зоны тектонических нарушений северо-восточного простирания, такие как Азериская, Ахтмеская, Вийвиконнаская, Загривская и другие, разделяют пологую моноклиналь платформенных осадочных пород в Прибалтийском сланцевом бассейне на тектонические блоки, смещенные один относительно другого по вертикали на 5—25 *м*. Из них наиболее изучено Ахтмеское нарушение в центральной части Эстонского месторождения. Простирание его северо-восточное, не строго выдержанное; азимут варьирует от 30 до 80°. Зона эта прослеживается на 45 *км*, а ширина ее колеблется от 400 *м* до 2 *км*. Северо-западное крыло нарушения приподнято, амплитуда смещения пород непостоянная и составляет 7—18 *м*. Нарушение разбурено 13 профилями проверочных скважин с расстоянием между скважинами от 20 до 250 *м* (рис. 1). Наиболее разрушенные и закарстованные подзоны внутри зоны нарушения прослеживались методами электропрофилирования и вертикального электрического зондирования.

Вопрос о морфологии нарушений, подобных Ахтмескому, в течение многих лет оставался дискуссионным. Проведенные в значительных объемах буровые работы однозначного ответа на этот вопрос не давали, а горными выработками это нарушение не пересекалось. До 1946 г. такие структуры рассматривались преимущественно как флексурообразные изгибы пластов. Исследователями более позднего периода (Гатальский, 1959; Газизов, 1971) нарушения представлялись как ряд ступенчатых сбросов, происхождение которых связано с незначительными и неоднократными перемещениями, происходящими вдоль серии вертикальных трещин северо-восточного простирания. По мере сгущения скважин на профилях приходилось, руководствуясь этими предположениями о морфологии зон, постоянно увеличивать количество отрисовываемых сбросов. Р. Вахер и др. (1962) рассматривали нарушения как флексуру, местами осложненную сбросами и зонами дробления. Авторы же настоящей статьи на основе изучения наклона слоистости пород по кернам скважин, пробуренных в зоне Ахтмеского нарушения, предполагали, что в основном эта структура является пликативной. Замеры слоистости показали наклон 3—6°, а по скв. 8333 даже 10—15°.

В 1975—1978 гг. в целях изучения морфологии зоны Ахтмеского нарушения была сделана попытка пересечь ее горноразведочной выработкой. Местом проходки опытной выработки было выбрано северное продолжение V северного панельного штрека шахты «Ахтме», где ширина зоны нарушения наименьшая, а амплитуда довольно значитель-

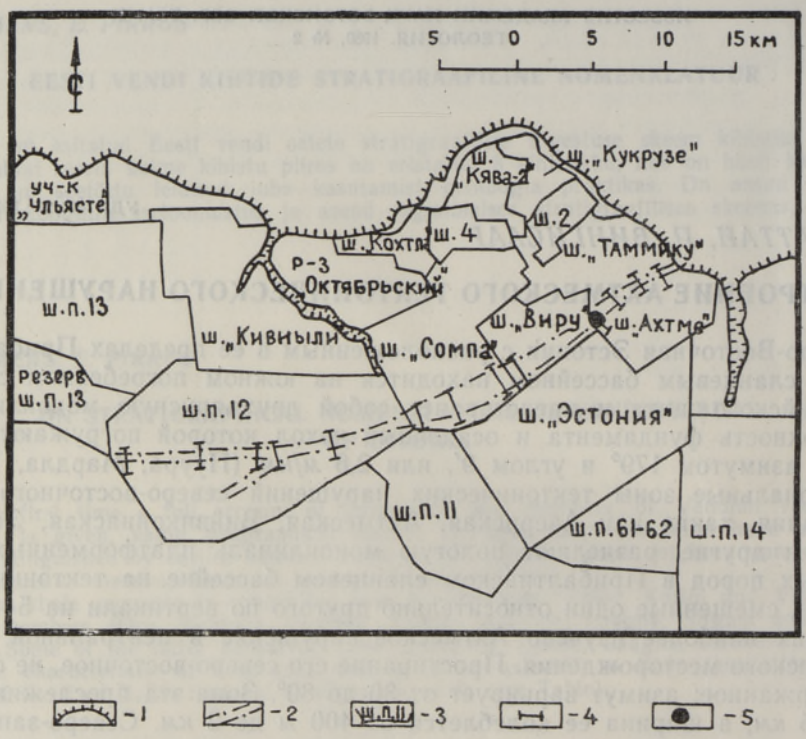

Рис. 1. Схема расположения Ахтмеского нарушения. *1* — линия выхода промпласта; *2* — зона Ахтмеского нарушения; *3* — границы шахт, разрезов, разведанных полей и участков; *4* — профили буровых скважин через зону Ахтмеского нарушения; *5* — место проходки горноразведочной выработки (V северный панельный штрек).

ная (рис. 1 и 2). В створе выработки был предварительно заложен профиль скважин через каждые 30—50 *м*. Для изучения нарушения глубже промышленного пласта сланца 3 скважины (две в нормальном геологическом поле, одна в центре нарушения) были продолжены до вскрытия лонтоваского горизонта кембрия.

Зона нарушения не была пересечена штреком на всю ширину. Проходку прекратили примерно на середине структуры, однако наиболее нарушенная ее часть была вскрыта. Штрек проходил по промышленному пласту сланца (O_2kk) или по породам непосредственной кровли. В настоящей работе излагаются результаты изучения строения Ахтмеского нарушения по V северному панельному штреку и проверочным скважинам. Общая ширина нарушения, определенная по осложнению гипсометрии пластов, на изучаемом участке составляет 500 *м*, общая амплитуда смещения крыльев нарушения относительно друг друга — 13 *м*, а общая амплитуда волнистости пласта в центральной части — примерно 16 *м* (на протяжении всей изученной глубины 120 *м*).

Полученные результаты позволили в Ахтмеском тектоническом нарушении на основе состава и строения разреза на уровне промпласта сланца выделить последовательно от периферии к центру три структурные подзоны (рис. 3).

Подзона слабого нарушения выделяется по периферии зоны нарушения и характеризуется более крутым залеганием пластов

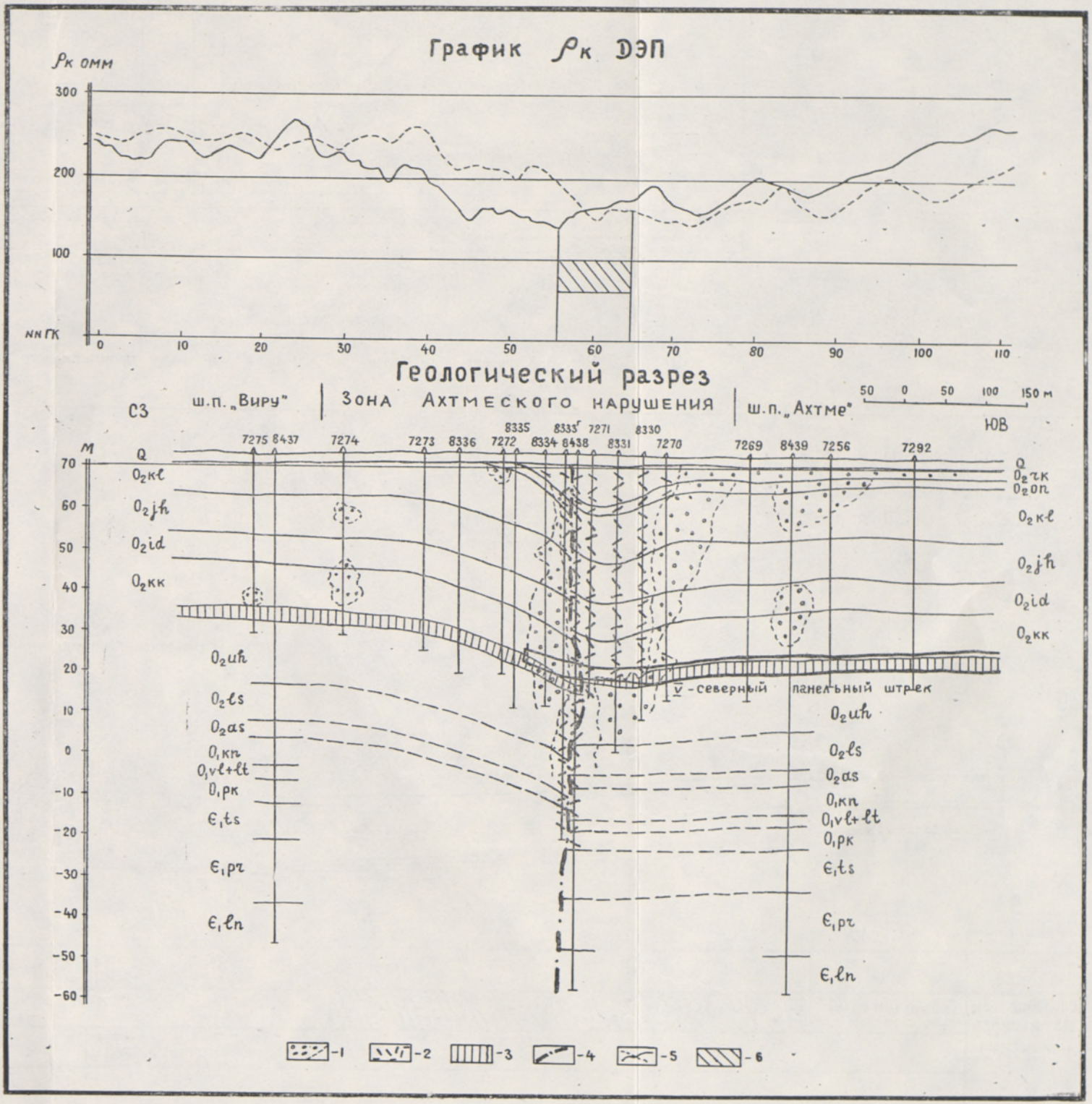

Рис. 2. Геологический разрез через зону Ахтмеского тектонического нарушения. *1* — участки геохимически измененных и трещиноватых пород; *2* — участки дробленых и закарстованных геохимически измененных пород; *3* — промышленный пласт горючих сланцев; *4* — линия сброса; *5* — кривые дипольного электропрофилирования; *6* — геофизическая аномалия.

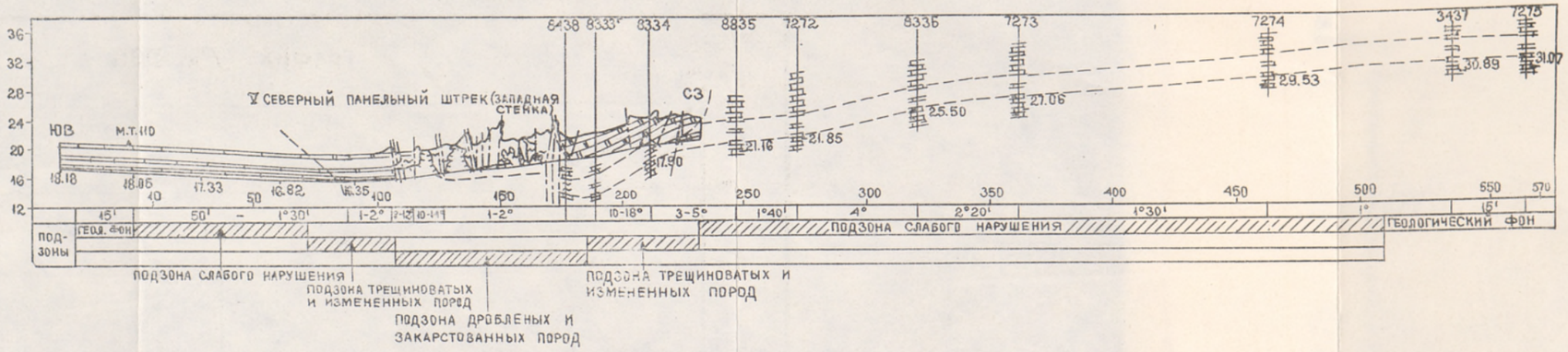

Рис. 3. Строение зоны Ахтмеского нарушения на уровне промышленного пласта горючего сланца. Общая схема. Условные обозначения см. на рис. 4.

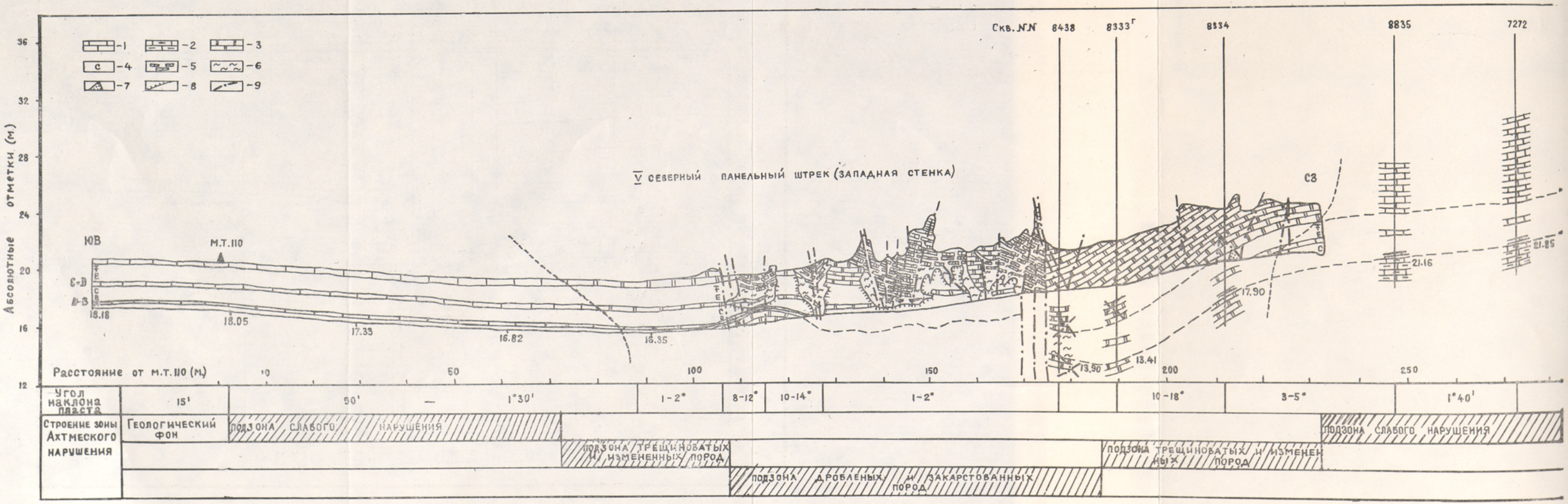

Рис. 4. Строение зоны Ахтмеского нарушения на уровне промышленного пласта горючего сланца. Юго-восточное крыло. *1* — известняк; *2* — глинистый известняк; *3* — доломит, доломитизированный известняк; *4* — кукерсит (индекс слоя); *5* — доломит, сцементированный карстовой глиной; *6* — карстовая глина; *7* — песок; *8* — кайма окисленного горючего сланца; *9* — трещины.

(от 1—2 до 3—4°) по отношению к фоновому (10—20′) и значительной волнистостью. Ширина подзоны в юго-восточном крыле достигает 70 *м*. Для нее характерно обратное по сравнению с общим моноклинальным погружением падение пород в северном направлении под углом 40′—1°30′. Вторичных изменений пород не наблюдается. В северо-западном крыле нарушения ширина подзоны с аномальным наклоном пласта (в среднем 1—4°) составляет примерно 270 *м*. Судя по имеющимся геофизическим материалам и данным бурения, в этом крыле не следует ожидать сколько-нибудь значительных участков раздробленных и закарстованных пород.

В пределах подзоны трещиноватых и измененных пород известняковые вмещающие слои и прослои промпласта доломитизированы, кавернозны; горючий сланец выветрелый и разрыхленный; характерно проявление отдельными участками слабой сульфидной минерализации (пирит, марказит, сфалерит, галенит с жильным кальцитом и доломитом), повышенная трещиноватость, обводненность и неустойчивость кровли выработок. Ширина подзоны в юго-восточном крыле нарушения составляет 35 *м*. Слои залегают с наклоном 1—2° в направлении к югу. В северо-западном крыле ширина подзоны составляет 45 *м*, наклон пластов довольно крутой — от 3—5 до 15—18°. В промпласте вскрыта карстовая полость, заполненная местами слабосцементированным светло-серым кварцевым песком. Эта подзона соответствует генетическим зонам доломитизации, оруденения и выветривания карстовых нарушений по М. С. Газизову (1971). Однако указанные зоны накладываются друг на друга и их отдельное выделение имеет довольно условный характер. По структурной зональности (М. С. Газизова) — это зоны трещиноватости и дробления.

Центральная подзона дробленых и закарстованных пород, вскрытая штреком, совпадает с аномалией, выделенной электроразведочными работами. Ширина подзоны 80 *м*. По всем стратиграфическим горизонтам отмечается доломитизация, повышенная трещиноватость, дробленость, кавернозность и закарстованность карбонатных пород, окрашивание их гидроокислами железа в пестрый цвет, наличие слабой сульфидной минерализации, волнистость в залегании пластов с углами наклона от 1—2 до 12—14°, вертикальные смещения вдоль ослабленных участков и общее уменьшение мощности кукрузеского и вышележащих горизонтов. Слои горючих сланцев промышленного пласта участками замещены карстовой глиной, на которой лежат просевшие, сильно измененные породы непосредственной кровли. Штреком пересечены три таких участка замещения (по структурной зональности М. С. Газизова это зоны остаточных глин) шириной 9, 8 и 39 *м*, разделенные интервалами доломитизированных, выветрелых и разрыхленных пород. Вертикальный профиль участков замещения воронко- или чашеобразный с расширением к верху. Обычно они не достигают подошвы промпласта. Краевые и нижние части участков замещения заполнены пластичной голубовато-серой глиной, окаймлены тонкой (несколько сантиметров) оторочкой черного окисленного сланца (генетическая зона окисления по М. С. Газизову). Мощность глинистой подушки составляет 1,0—1,5 *м*. В остаточной глине почти по всем участкам замещения прослеживаются реликты маркирующего прослоя известняка C—D промпласта. Центральные части участков образованы из обломков доломитов, просевших из непосредственной кровли и как бы сцементированы карстовой глиной. Обломки имеют наклон к центру участков или расположены горизонтально. Зачастую участок замещения разбит трещинами с зеркалами скольжения, по которым происхо-

дило проседание различных блоков на разную высоту. Подобные деформации пород кровли промпласта как атектонические процессы в зонах карста отмечались А. С. Левиным (1973, 1977) на Ленинградском месторождении. В результате интенсивных геохимических процессов (разложения и выноса органического вещества, доломитизации и выщелачивания карбонатов) происходило значительное уменьшение первичного объема промпласта горючих сланцев и гравитационное опускание вышележащих пород. По одному из наиболее нарушенных и ослабленных участков можно наблюдать вертикальное перемещение пластов с амплитудой около 3 *м*.

Тектоническое нарушение симметрично-зонально также геохимически. Выяснилось это на наиболее легко распознаваемых объектах — известняковых прослоях A—B и C—D, залегающих в нижней и средней частях промышленного пласта между слоями горючих сланцев. Пробы брались через каждые 5 *м*, внутри более нарушенных подзон через каждые 2—3 *м*. Немногочисленные пробы отбирались и из кровли промпласта и подстилающего ухакуского горизонта. Каждая проба была проанализирована полуколичественным спектральным методом, выборочно проводился полный химический (центральная лаборатория Управления геологии СМ ЭССР) и рентгенодифрактометрический (кабинет минералогии Тартуского государственного университета — руководитель работ К. Р. Утсал) анализы. Вне нарушения (геологический фон) и в подзоне слабого нарушения прослои A—B и C—D представлены известняками, в пределах нарушения — доломитами. Зафиксированы участки перехода от известняка к доломиту (на южном крыле 80—90 *м* от мерной точки 110, на северном — 225—229 *м*). Содержание доломита здесь возрастает от 1—2 до 13—14%.

Литологически неизмененные известняки обоих слоев керогенсодержащие, с мелкодетритовой структурой. Основная масса их однородная — от скрытокристаллической до тонкозернистой. В них рассеяны ромбоэдры доломита тонкоалевритовой размерности. Слой A—B отличается бóльшим содержанием глинистой примеси. В структурах доломитизированных известняков заметных изменений нет, кроме увеличения количества тех же тонких ромбоэдров доломита в основной массе. Доломиты обоих прослоев и доломитизированные известняки переходных зон литологически во многом сходны. Содержание минерала доломита в карбонатной части породы составляет 96—100%. Структура его тонкокристаллическая, доломит сложен из очень тонких мутных ромбоэдрических кристалликов. Часто встречаются неизмененные зерна керогена и пирита. Нередко наблюдаются тени первоначальной детритовой структуры известняка. Аналогичные доломиты обнаружены также в кровле промышленного пласта и в ухакуском горизонте.

Доломит слоя C—D, залегающий в карстовой глине в интервале 110—116 *м* (рис. 2), имеет структуру, резко отличающуюся от вышеописанных. Это средне-крупнокристаллический доломит с мозаичной структурой. Идиоморфные кристаллы отчетливо зональны: прозрачные оболочки окружают мутные, разбитые густой сетью спайных трещинок ядра. Часто наблюдаются следы деформации и коррозии более крупных кристаллов. В этой разновидности доломита нет зерен керогена, сохранилось только бледно-желтое аморфное вещество в порах между кристаллами. Крайне редок также пирит, присутствующий в «обычных» доломитах постоянно. Сказанное наводит на мысль, что описанный средне-крупнокристаллический доломит является продуктом более сильной и более поздней переработки ранее описанной разновидности доломита.

Таблица 1

Среднее содержание некоторых элементов в карбонатных породах Ахтмеского нарушения (спектральный анализ)

Выборка	Кол-во проб	Содержание, *г/т*					Содержание, %			
		Ti	Mn	Ni	Ga	Sr	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SiO_2
Известняк слоя C—D	57	920	620	9	2,3	400	1,9	1,4	1,4	6,2
Доломит C—D	46	460	2200	10	2,0	170	1,8	2,1	18,6	5,7
Известняк слоя A—B	51	1400	340	9	4,1	500	3,4	1,3	1,1	11,5
Доломит A—B	14	920	1800	11	4,2	180	2,3	2,3	17,1	9,9

Таблица 2

Среднее содержание основных некарбонатных минеральных компонентов в горючих сланцах (валовые и пересчитанные на сумму этих минералов) и в соответствующих карстовых глинах в Ахтмеской зоне нарушения (рентгеновский анализ)

Выборка	Количество проб	Содержание, %				
		Гидрослюда	Хлорит	Кварц	Полевые шпаты	Рентгеноаморфное неорганическое вещество
Горючий сланец, слой E	5	34	1	17	6	—
То же (в пересчете на 100%)	5	58	2	31	9	—
Карстовая глина, слой E	5	47	4	25	10	14
Горючий сланец, слой C	3	19	1	11	4	—
То же (в пересчете на 100%)	3	55	2	32	11	—
Карстовая глина, слой C	1	52	4	21	9	14
Горючий сланец, слой B	4	17	—	10	2	—
То же (в пересчете на 100%)	4	59	—	34	7	—
Карстовая глина, слой B	1	48	5	26	9	12

Доломитизация, развитая в породах в пределах Ахтмеского тектонического нарушения, сопровождается резким уменьшением в породе содержания стронция и увеличением содержания марганца и железа (Вингисаар и др., 1979). Незначительно увеличивается в доломите содержание никеля, меди, хрома. При этом некоторое обогащение стронцием известняков наблюдается непосредственно за пределами зоны доломитизации. Несмотря на сравнительно невысокую точность полуколичественного спектрального анализа, многочисленные определения однозначно указывают на небольшое уменьшение в доломите количества таких породообразующих окислов, как кремнезема, титана, глинозема (табл. 1), что свидетельствует о частичном выщелачивании при доломитизации нерастворимого остатка.

Происхождение карстовой глины объясняется нами с помощью сопоставления результатов количественных рентгеновских определений составов серий проб, взятых из горючего сланца и карстовой глины (табл. 2). Параллельно рассматривается состав горючих сланцев, пересчитанный на условную некарбонатную неорганическую составляющую

Содержание элементов в горючих (спектральный

Выборка	Кол-во проб	Содержание, *г/т*					
		Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni
Горючий сланец	18	1900	180	39	290	6	30
Горючий сланец окисленный	12	2200	320	54	240	7	31
Карстовая глина	14	5400	680	370	240	27	57

(сумма пяти основных минеральных компонентов). Пересчитанное таким образом содержание глинистых минералов в горючем сланце близко к содержанию этих же минералов и рентгеноаморфного вещества в карстовой глине. Содержание кварца в карстовой глине несколько меньше, а рентгеноаморфного вещества в горючих сланцах практически не содержится. Отношения гидрослюды к кварцу, суммы гидрослюды, хлорита и рентгеноаморфного вещества к сумме кварца и полевых шпатов в горючих сланцах и карстовых глинах довольно близкие.

Анализ распределения микроэлементов в горючих сланцах и карстовых глинах показывает увеличение в последних ряда элементов в разных пропорциях (табл. 3). При этом содержание марганца, свинца, циркония и бария существенно не изменяется. Отношения некоторых малых элементов (Cu/V, Ga/Ti, Pb/Ba, Pb/Ni) в сланцах и глинах практически аналогичны. Перечисленные особенности свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что карстовая глина является реликтом, образованным по горючему сланцу. По-видимому, удаление керогена сопровождалось небольшим растворением кварца.

Выводы и некоторые соображения о формировании нарушения. Строение нарушения на исследуемом участке рассматривается как сложно-зональное. Морфологически это в общем флексурообразный перегиб пластов с вертикальными перемещениями по ослабленным участкам, представленным измененными, дроблеными и закарстованными породами. Флексура, по всей видимости, отражает дифференцированные движения отдельных блоков кристаллического фундамента. По В. А. Пуура и Б. А. Судову (1976) тектонические нарушения, подобные Ахтмескому, охватывают осадочный чехол и кристаллический фундамент. Фанерозойскую их историю эти исследователи считают унаследованной от древних разломов фундамента и допускают неоднократные перемещения по ним вплоть до неотектонических подвижек. При формировании Ахтмеской зоны, вероятно, вначале происходило поднятие северо-западного крыла нарушения с образованием флексурообразного перегиба пластов с общей амплитудой вертикального перемещения на уровне карбонатной толщи ордовика более 16 *м*. Образование перегиба пластов сопровождалось появлением трещин, их раскрытием и созданием условий для проникновения растворов. Действие последних приводило к доломитизации и выщелачиванию карбонатных пород, образованию каверн, полостей, окислению, разложению и выносу органического вещества из горючих сланцев и привносу песчаного материала. В период после развития карстовых процессов относительное поднятие испытывал юго-восточный блок и по наиболее ослабленному участку дробленых и закарстованных пород произошло вертикальное перемещение на 3 *м*. Процессы карстования развивались, по всей вероятности, под воздействием нисходящей фильт-

Таблица 3

сланцах и карстовой глине
анализ)

Cu	Pb	Ga	Zr	Be	Sr	Ba	P	Содержание, % Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	SiO_2
7	24	6	350	4	270	460	—	3,6	1,7	0,4	2,8	24
7	25	7	420	10	270	500	—	4,5	1,5	0,3	3,2	29
17	37	15	530	7	180	570	2200	18,1	2,8	1,6	7,4	61

рации флюидов. В пользу этого предположения говорит следующее: карбонатные породы верхних горизонтов более широко и интенсивно охвачены процессами выщелачивания; участки остаточных глин в промпласте сланца, как правило, характеризуются расширением к кровле и часто не простираются до почвы пласта; песчаный материал, привнесенный в карстовые полости минералогически наиболее близок к нижне- и среднедевонским песчаникам.

Приняв гипотезу нисходящей циркуляции, мы должны допустить в качестве преобразующего флюида воду или слабый раствор. Однако нет оснований для утверждения единства во времени и в происхождении процессов, приведших к преобразованию известняков, выщелачиванию керогена, образованию жильной, хотя и убогой минерализации. Поэтому попрежнему остаются наиболее вероятными предположения о ведущей роли гидротермальных (или точнее телетермальных) процессов при доломитизации и сульфидизации (Пичугин и др., 1976; Пуура, Судов, 1976; Судов, 1973).

Результаты буровых и электроразведочных работ на разных участках Ахтмеской зоны нарушения позволяют предполагать, что строение ее может оказаться различным (Хейнсалу, Андра, 1975). На участках, где ширина зоны составляет 1,5—2,0 *км*, можно ожидать несколько зон дробленых и закарстованных пород, разделенных участками с близким к нормальному залеганию неизмененных или слабо измененных пород.

ЛИТЕРАТУРА

Вахер Р. М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. Тектоническое строение северо-восточной Эстонии. — Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1962, X, 319—336.

Вингисаар П., Гулова Х., Кийпли Т., Таалманн В. Вещественный состав палеозойских карбонатных пород Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1979, 28, 45—51.

Газизов М. С. Карст и его влияние на горные работы. М., 1971.

Гатальский М. А. Микродислокации и трещиноватость пород в районе Прибалтики и их значение в миграции и распределении флюидов. — Тр. ВНИГРИ, 1959, 131, Геол. сб. 4, 65—77.

Левин А. С. Тектоника Ленинградского месторождения горючих сланцев. — В кн.: Вопросы маркшейдерии и геологии сланцевых месторождений. Таллин, 1977, 45—51.

Левин А. С. Новые данные геохимической характеристики древнего глубинного карста Ленинградского месторождения горючих сланцев. — В кн.: Горно-геологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Л., 1973, 122—137.

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., 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.
Судов Б. А. Свинцово-цинковые рудопроявления на территории Эстонской ССР и их перспективы. — Разведка и охрана недр, 1973, 3, 16—19.
Хейнсалу Ю. И., Андра Х. Р. Трещиноватость в районе сланцевых шахт Эстонии и геофизические методы ее исследования. Таллин, 1975, 43—47.

Управление геологии
Эстонской ССР

Поступила в редакцию
20/XII 1979

V. KATTAI, P. VINGISAAR

AHTME TEKTOONILISE RIKKEVÖÖNDI EHITUS

Artiklis on kirjeldatud Ahtme rikkevööndi siseehitust ning morfoloogiliselt, litoloogiliselt ja geokeemiliselt iseloomustatud tema alavööndeid.

Edela-kirdesuunaline rikkevöönd on jälgitav 45 km ulatuses, ta laius kõigub 400—2000 m vahel. Vöönd kujutab endast kihtide painet, mida komplitseerivad rebendrikked ning teiseselt muundunud kivimite alavööndid. Viimased paiknevad paralleelselt rikke teljega ning selle suhtes sümmeetriliselt.

V. KATTAI, P. VINGISAAR

THE STRUCTURE OF THE AHTME TECTONIC FAULT ZONE

Investigation of the prospecting shaft dug through the Ahtme fault zone has yielded new results, on the basis of which it has become possible to describe the inner structure of the fault zone and characterize the defined subzones morphologically, lithologically and geochemically.

The Ahtme fault zone is of a NE—SW direction, traceable at a stretch of 45 km, with a width fluctuating between 400 and 2000 m. It represents a flexure complicated by ruptures and containing subzones of converted rocks. The subzones are located in parallel to the axis of the fault, symmetrically in respect to it.

The fault zone has been traversed by the prospecting shaft at a place where the width of the structure is minimal (500 m). Proceeding from the margins of the fault towards the centre, the following subzones have been defined (at the level of the productive oil shale complex):

The subzone of a slight faulting of rocks, which is typified by a slight folding of beds (1—4 degrees instead of the usual 10—20 minutes). The subzone of cracked and converted rocks is characterized by a partial conversion of oil shale, replacement of limestone by dolomite, weak sulphide mineralization, increased cracking, abundance of water, and decreased strength of the roofing of the shaft. The central subzone of broken and karsted rocks, 80 m in width, consisting of considerably crushed, cavernous and karsted dolomite, which is frequently many-coloured due to ferrous compounds. In places, the oil shale is replaced by residual clay. The gradients of bedding attain 12—14°.

The geochemical properties of the rocks are presented according to subzones and proofs are given concerning the relict nature of karst clay.