

В. ПОНОМАРЕВ

„ВЕЧНАЯ“ МЕРЗЛОТА И РУДНИЧНЫЕ ВОДЫ В АРКТИКЕ

I

Изучение мерзлой зоны имеет для Советского Союза исключительно большое научно-практическое значение. 45% всей площади нашей страны находится в полосе так называемой „вечной“ мерзлоты.¹

Вопрос о том, на какую глубину простирается мерзлота, давно занимал человечество. И когда в 1828 году якутский купец Шергин, начавший копать колодец в г. Якутске, встречая мерзлые грунты, решил прекратить проходку колодца, бывший в то время в Якутске академик Миддендорф заинтересовался этим явлением и настоял на дальнейшей проходке колодца. Колодец был углублен до 116,43 метра. И на этой глубине были встречены только мерзлые грунты.

С целью наблюдения за температурой, Миддендорф сделал в стенах колодца специальные „бурки“ и вложил в них термометры. В результате многолетних наблюдений за температурой он построил следующую кривую температурного режима „вечной“ мерзлоты для г. Якутска (рис. 1).

Приведенная кривая вызвала широкий отклик ученых. Некоторые из них доказывали неправильность выводов Миддендорфа, ссылаясь на то, что шахта Шергина копалась 14 лет и что за это время стены могли принять изменяющуюся температуру воздуха тех лет. Последнее, весьма важное соображение, однако, не было проверено, и споры продолжались.

Почему же кривая Миддендорфа вызвала такие горячие споры? Из рассмотрения ее видно, что температура горных пород по мере проникновения в недра земли увеличивается от $-11,18^{\circ}\text{C}$ до $-3,0^{\circ}\text{C}$. По Миддендорфу выходит, что в настоящее время идет проникновение вглубь земли холода, современный климат способствует образо-

ванию „вечной“ мерзлоты. Если бы современный климат не способствовал образованию „вечной“ мерзлоты, а она была бы продуктом какого-то „древнего климата“, в этом случае мы имели бы более высокие температуры (пусть отрицательные) ближе к поверхности земли и более низкие далее от поверхности земли.

Следовательно, если бы современный климат не способствовал образованию „вечной“ мерзлоты, а, наоборот, растеплял бы ее, то мы, очевидно, имели бы следующую кривую (рис. 2).

Для хозяйственной деятельности решение этого вопроса не безразлично, особенно, когда приходится вкладывать большие средства в хозяйственное освоение того или иного района. В самом деле, что произойдет, если, предположим, через 10 лет там, где сейчас нет „вечной“ мерзлоты, она образуется? Ведь коренным образом меняются все технические расчеты, в частности, для оснований сооружений, не говоря уже про условия развития в таких районах сельского хозяйства.

То же самое, конечно, произойдет, если сооружение, рассчитанное на наличие „вечной“ мерзлоты, в определенный момент окажется вне этой зоны. Здесь так же неминуемы катастрофические деформации таких сооружений. Поэтому в настоящий момент строят с учетом либо деградации мерзлоты, либо ее сохранения.

Исследования наиболее деятельного ученого мерзлотоведа нашей страны, М. И. Сумгина, показали, что по всей вероятности мы имеем сейчас деградацию „вечной“ мерзлоты. Начавшееся изучение четвертичной геологии также показывает на вероятность её деградации. Однако, известная кривая Миддендорфа всегда противоречила этим данным.

Учитывая большое практическое значение этого вопроса, мы произвели в Амдерме (Пай-Хой, берег Карского моря) температурные наблюдения в специальной скважине № 75 до глубины 216 метров. Наблюдения позволяют вычеркнуть следующую кривую температурного режима горных пород в Амдерминском районе (рис. 3).

¹ К сожалению, еще нет более точного определения „вечной“ мерзлоты. Поэтому даже сейчас, когда для всякого грамотного человека слово „вечная“ звучит лишь условно, приходится, тем не менее, употреблять его, но брать в кавычки.

Наблюдения производились при помощи опускания в скважину (из нее предварительно полностью удалялась промывная вода) двух „ленивых“ термометров, которые находились там не менее одного часа. Измерение длилось до получения трех одинаковых отсчетов по обоим термометрам, на что уходило иногда до трех суток. Приблизительно такие же данные получились у нас и по другим скважинам.

Как видно, кривая, полученная по скважине № 75, вполне аналогична вышеприведенной кривой, указывающей на деградацию „вечной“ мерзлоты. Таким образом, на основании наших замеров температур, мы устанавливаем деградацию „вечной“ мерзлоты в Амдерминском районе. Совершенно ясно, что этот вывод можно распространить на все остальные районы Арктики, имеющие климат, аналогичный климату в Амдерме.

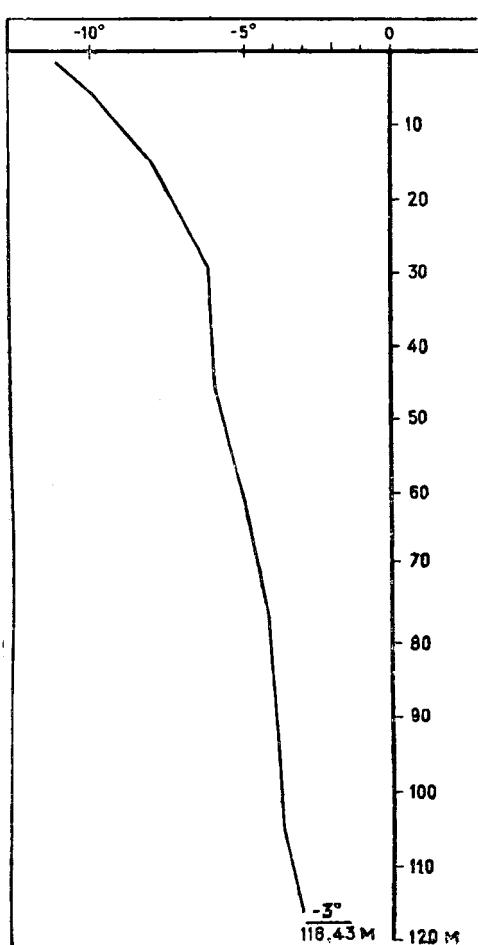


Рис. 1. Кривая температур по шахте Шергина в Якутске

Другой, не менее интересный вывод, который также находится в некотором противоречии с вышеприведенной кривой Миддендорфа, касается **мощности** „вечной“ мерзлоты. По данным Миддендорфа, мощность „вечной“ мерзлоты для Якутска определяется величиной 215—216 метров. Кривая Миддендорфа показывает, что в „вечной“ мерзлоте температура повышается так же, как и в средних широтах,¹ по закону геотермического градиента. Исходя именно из

¹ Как известно, в средних широтах повышение температуры с глубиной ориентировочно равно 1°C на каждые 33 метра.

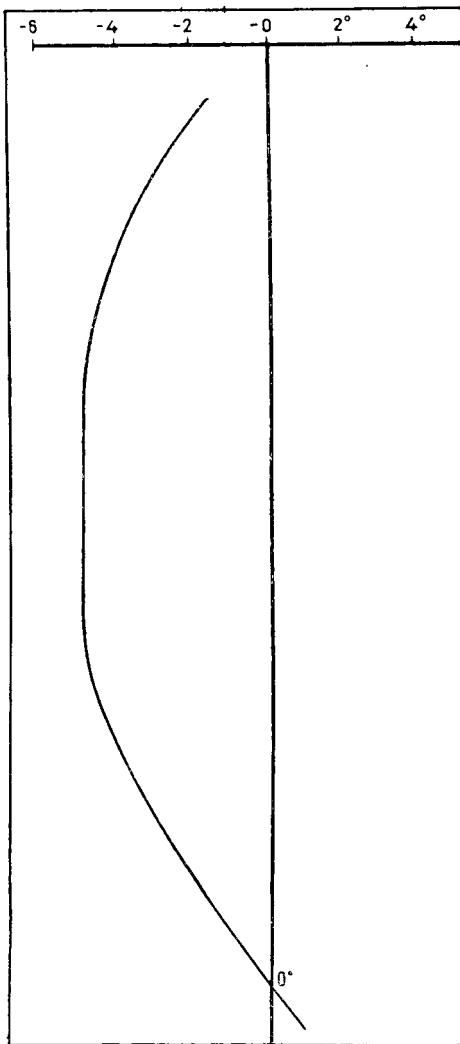


Рис. 2. Кривая температур, показывающая деградацию „вечной“ мерзлоты

вычисленного геотермического градиента, Миддендорф получил указанную выше мощность мерзлоты.

О чём говорит наша кривая? Она показывает, что до глубины 216 метров закон геотермического градиента в мерзлоте для Амдермы не имеет места. Здесь мы имеем не повышение, а понижение температуры, что позволяет нам сделать вывод о том, что в Амдерминском районе мощность мерзлоты не менее 400 метров. В самом деле, если допустить, что с глубины 216 метров начинает действовать закон геотермического градиента, то в среднем будем иметь повышение температуры ориентировочно на 1°C через каждые 33 метра. На глубине 216 метров температура около -5°C ; следовательно, чтобы температура достигла 0°C , необходимо углубиться еще на 165 метров, т. е. общая мощность мерзлоты будет около 400 метров.

Такая огромная мощность „вечной“ мерзлых грунтов зафиксирована впервые в истории мерзлотоведения. Нет сомнения, такую же, примерно, мощность мы будем иметь почти во всей Арктике и, в частности, в Якутске. Этот факт совершенно по-новому ставит вопрос о возможности нахождения „вечной“ мерзлоты под руслами больших рек и под дном северных морей.

Нет сомнения, что в Арктике под руслами даже больших рек имеются на некоторой глубине мерзлые грунты.

Нами в Амдерме было зафиксировано наличие „вечной“ мерзлоты в ряде небольших рек (р. Амдерма и др.) на глубине около 2 метров. В реках большой величины верхняя граница мерзлоты, конечно, будет ниже.

Наличие же мерзлоты под дном северных морей не может быть подвергнуто никакому сомнению. Дело в том, что на дне северных морей имеется отрицательная температура, доходящая до -2°C . Эту же температуру зафиксировал неоднократно М. М. Ермолаев в 1935 году, во время экспедиции „Садко“ в Карском море, на глубине нескольких сот метров.

В Амдерме при бурении на косе — на самом берегу моря — уже на глубине 6 метров нами зафиксирована температура -4°C . Правда, при этой температуре грунт не был мерзлым, а содержал воду большой минерализации, благодаря которой вода не замерзала даже при температуре -4°C . Отрицательная температура в море находится на значительных глубинах, поэтому мы полагаем, что вблизи берега море еще в некоторой степени отепляющее действует на „вечную“ мерзлоту, благодаря чему верхняя граница мерзлоты здесь может понижаться. Но чем далее от берега, тем все ближе верхняя граница мерзлоты подходит к дну моря, наконец, слившись с ним. Глубокое (сравнительно) залегание „вечной“ мерзлоты у берегов северных морей можно видеть по

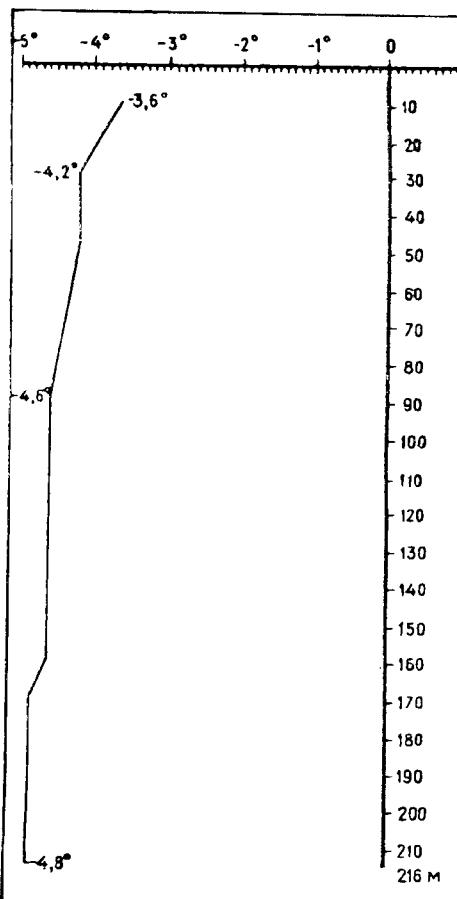


Рис. 3. Кривая температур по скважине № 75 (Амдерма)

данным наших портовых изыскательских партий, например, в бухте Тикси и др.

Таким образом залегание здесь „вечной“ мерзлоты схематически можно представить в следующем виде (рис. 4).

Наши дальнейшие исследования только уточняют основное наше положение о наличии „вечной“ мерзлоты под дном северных морей. Вполне возможно, что окажется мерзлота и вблизи морских берегов непосредственно под дном моря: нашими работами в Амдерме доказано увеличение концентрации морской воды при проникновении ее в зону отрицательных температур. Вода при этом сохраняется в жидком состоянии; без тщательной постановки измерений температуры, получается впечатление, что „вечная“ мерзлота отсутствует!

Конечно, указанное выше залегание „вечной“ мерзлоты должно коренным образом измениться там, где имеются постоянно действующие теплые течения. Для примера

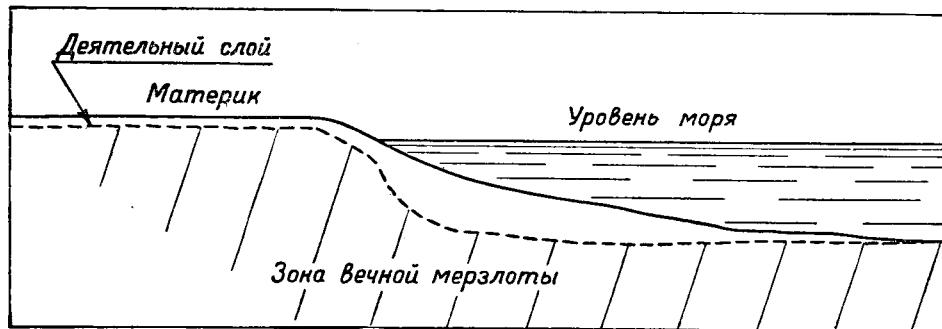


Рис. 4. Схема залегания „вечной“ мерзлоты под дном северных морей вдали от теплых морских течений

взьмем Шпицберген. Пробуренная по нашему заданию скважина в Баренцбурге показала на глубине 160 метров температуру 0°Ц, т. е. мощность „вечной“ мерзлоты на Шпицбергене равна 160 метрам. Как показали дальнейшие измерения, температура увеличивается под горами и уменьшается у берега моря. От берега моря расстояние скважины, заложенной на Шпицбергене, почти то же, что и скважины, заложенной в Амдерме. Сравнительно незначительная мощность „вечной“ мерзлоты на Шпицбергене объясняется наличием у берегов Шпицбергена теплого течения Гольфштрем.

Несомненно, в период деградации „вечной“ мерзлоты уменьшение ее мощности идет не только сверху, но и снизу под действием внутреннего тепла земного шара. На примере Шпицбергена мы можем построить залегание „вечной“ мерзлоты для северных районов, имеющих теплые морские течения, в виде следующей схемы (рис. 5).

Из чертежа видно, что „вечная“ мерзлота как бы постепенно съедается теплым течением.

II

Все отмеченное выше имеет не только глубокое научное значение, но также и большой практический интерес. Остановимся коротко на значении указанных данных для рудничного строительства, которое сильно будет развиваться в Арктике в ближайшие два года.

Ставя этот вопрос, мы не можем пройти мимо случая на руднике Раздельном (остров Вайгач, бухта Варнека, 1935 год), горные работы в котором всюду шли в зоне „вечной“ мерзлоты. Рудник затопила морская вода. Она проникла на отметку минус 46 метров, в третьем промежуточном штреке. С течением времени приток воды медленно возрастал, но на это не обратили внимания. Через год дебит рудничных вод составил 150 куб. метров в час. Этот колоссальный объем воды потребовал на откачуку все наличные механические двигатели. Но приток все увеличивался, и в конце концов рудничная вода затопила рудник.

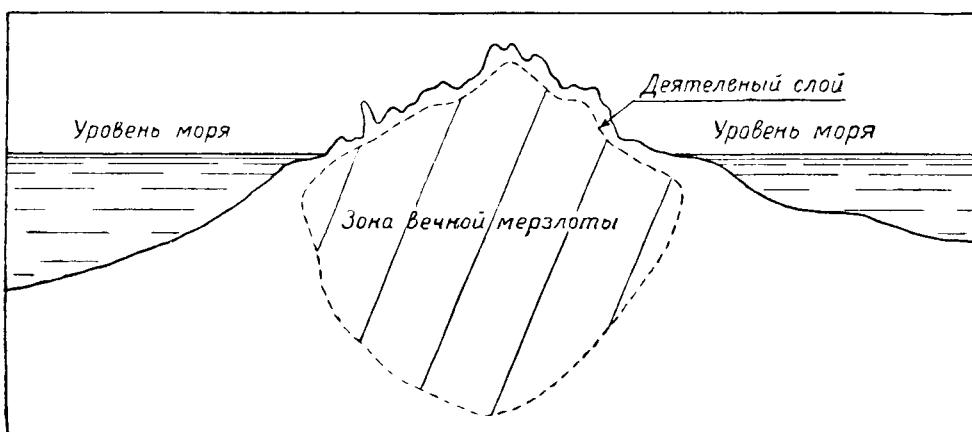


Рис. 5. Схема залегания „вечной“ мерзлоты арктических районов, омываемых теплыми морскими течениями (Шпицберген)

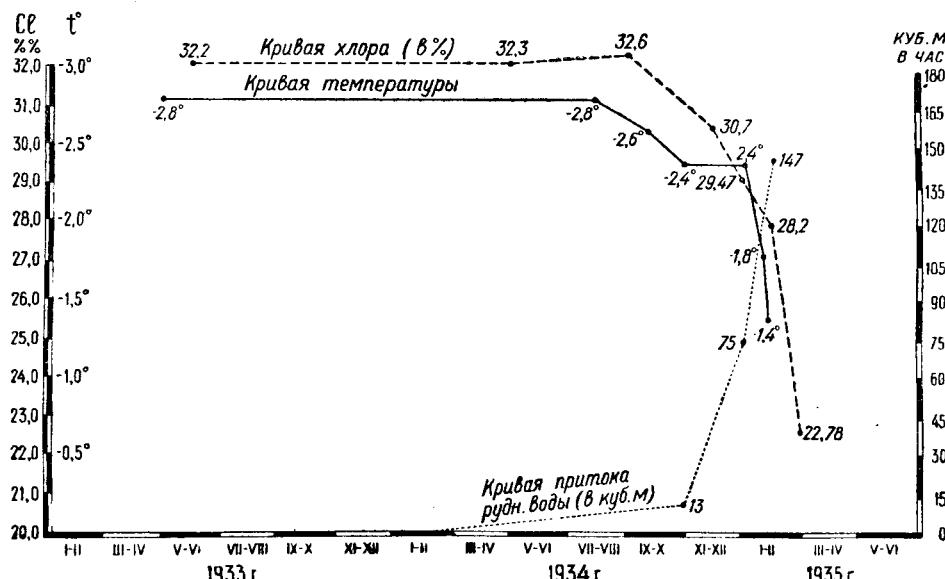


Рис. 6. Общая диаграмма содержания хлора, температуры и движения воды месторождения „Раздельное“

Несомненно одно, что сюда по тектоническим трещинам проникла морская вода из бухты Варенка, которая растягивала мерзлоту и тем самым увеличивала размеры водопроводящих трещин. Как шел этот процесс во времени, ярко иллюстрируется приводимым графиком (рис. 6).

Из графика видно, как по мере увеличения дебита рудничных вод уменьшалась их минерализация, приближаясь к минерализации морской воды, и повышалась их температура. Несомненно, своевременное изучение гидро-геологических условий избавило бы нас от затопления рудника. Именно поэтому сейчас организовано гидро-геологическое изучение Амдерминского месторождения флюорита и месторождения угля на Шпицбергене.

Как в Амдерме, так и на Шпицбергене с разворотом горных работ приток рудничных вод будет возрастать, причем на Шпицбергене мы скорее можем встретить подмерзлотные воды. В Амдерме в рудник проникает вода из Карского моря по верхней, наиболее трещиноватой части известняков. Вода попадает в рудник также через наносы ледниковой долины, которая разделяет первую и вторую гряды месторождения. Эта долина почти сплошь заливается морем во время больших приливов, морская вода инфильтруется через ее отложения (пески и супеси) в известняки и по их трещинам в горные выработки рудника. Схематически это можно представить в следующем виде (рис. 7).

Можно ли считать угрожающими проникающие сейчас в Амдерминский рудник подземные воды? Все данные говорят за то, что никакой опасности эти воды не представляют. В местах проникновения рудничных вод не имеется достаточно большой трещиноватости известняков. Вода начала проникать сюда с декабря 1934 года, ее дебит почти не увеличен и равен сейчас около 350 куб. метров в сутки. Здесь не наблюдается растягивания трещин. Очевидно, это объясняется отсутствием в трещинах льда, который имеется в руднике Раздельном.

Для постепенного увеличения притока рудничных вод необходимо наличие больших трещин, частично заполненных льдом и непосредственно соединенных с морем. Таких условий в Амдерме нет, но они возможны в будущем при развитии горных работ. Вероятность этого доказывается наличием в шурфе № 4, на третьей гряде, на глубине около 40 метров, сильно перемятой зоны известняков с включением льда. Размер включений льда достигает в диаметре 10—20 сантиметров. Если бы в этой зоне была встречена вода, пусть в ничтожном количестве, и зона имела бы непосредственную связь с морем, то, несомненно, приток воды стал бы возрастать и — без принятия соответствующих мер — мог представить реальную угрозу затопления рудника.

Изучение гидро-геологических условий на Шпицбергене, Раздельном и Амдерме позволяет сделать вывод: соленая вода будет встречаться во всех горных выра-

ботках, заложенных на побережье северных морей, даже на расстоянии 1,5—2 километра от берега, несмотря на наличие „вечной“ мерзлоты.

Это особенно относится к месторождению соли на Нордвике, где, благодаря легкой растворимости поваренной соли в воде, концентрация ее может достигать огромной степени. В результате можем встретить воду не только в поверхностной зоне месторождения, но и в более глубоких слоях „вечной“ мерзлоты. Легкая растворимость соли обычно ведет к образованию карстов, к появлению, даже на значительных

глубинах, подземных пустот, заполненных водой.

Это обстоятельство дает нам основание для проведения в 1936 году на Нордвике серьезных гидро-геологических исследований.

Проведенные нами исследования в 1936 году в Амдерме, Вайгаче, и Шпицбергене дают возможность всерьез двинуть вперед изучение основных вопросов мерзлотоведения, что и отметила по нашему докладу V Конференция по изучению „вечной“ мерзлоты, созванная Академией наук СССР 25—28 января 1935 года.

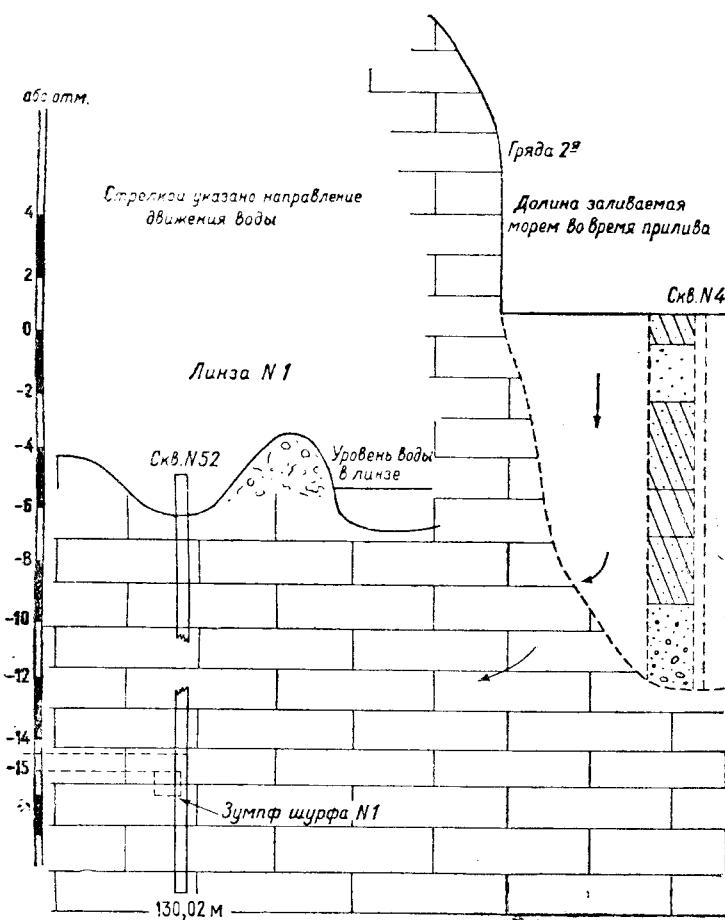


Рис. 7. Схематический геологический разрез через линзу № 1