

Например, возврат в недра жидких стоков после извлечения из рассолов йода, лития и т.д., либо после водоподготовки подземных вод методом обратного осмоса и образования концентрированных отходов с высоким содержанием солей.

Безусловно, в этих случаях добыча полезных ископаемых и возврат в недра остаточных жидких продуктов производства должны проводиться по единой лицензии на недропользование. Особенно это необходимо в тех случаях, когда и добыча полезных ископаемых, и возврат в недра жидких стоков, образующихся при извлечении ценных компонентов, производятся в едином технологическом цикле.

Авторы полагают, что проблемы, затронутые в нашей статье, станут предметом широкой общественной дискуссии и будут способствовать совершенствованию нормативно-методических требований к комплексу работ по обоснованию размещения жидких отходов в недрах в различных геолого-гидрогеологических условиях.

Прежде всего, это касается необходимости существенного упрощения требований к обоснованию возврата в недра излишков нефтепромысловых стоков, отходов обратного осмоса, промышленных и теплоэнергетических вод после извлечения ценных компонентов и снятия тепла. Синхронизировать их с требованиями к системам ППД как вновь изучаемых, так и, что особенно важно, на разрабатываемых в течение многих лет участках, на которых сброс излишков подтоварных вод в недра происходит в течение многих лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гидрогеологические исследования для обоснования подземного захоронения промышленных стоков* / Под ред. В.А. Грабовникова. — М.: Недра, 1993. — 335 с.
2. *Боревский, Л.В.* Требования к геологическим материалам по обоснованию подземного захоронения жидких отходов. 1-я редакция / Л.В. Боревский, В.А. Грабовников, С.С. Палкин. — ЗАО «ГИДЭК», 2002. — 21 с.
3. *Грабовников, В.А.* Подземное захоронение жидких отходов. Успехи, проблемы, перспективы / В.А. Грабовников, Б.В. Боревский. — М.: Геоэкология. — № 6. — 2011. — С. 512–513.
4. *Гольдберг, В.М.* Подземное захоронение промышленных сточных вод / В.М. Гольдберг, Н.П. Скворцов, Л.Г. Лукьянчикова. — М.: Недра, 1994. — 282 с.
5. *Блажнов, Я.Н.* Оценка гидродинамической изолированности пластов-коллекторов с использованием метода гелиеметрии / Я.Н. Блажнов, Н.Н. Егоров // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 10. — С. 8–11.
6. *Егоров, Н.Н.* Цифровая карта геолого-гидрогеологических условий захоронения жидких промышленных отходов в глубокие водоносные комплексы / Н.Н. Егоров, В.И. Новоселова, Я.Н. Блажнов, Е.И. Гусева // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 10. — С. 8–11.
7. *Паркер, Ф.Л.* Анализ долговременных последствий глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов на Горно-химическом комбинате, Красноярский край / Ф.Л. Паркер, А.И. Рыбальченко, В.И. Величкин, К.Л. Комптон, В.М. Новиков и др. // Геология рудных месторождений. — 1999. — Т. 41. — № 6. — С. 467–484.

© Боревский Б.В., Грабовников В.А., 2020

Боревский Борис Владимирович // borevsky@hydec.ru  
Грабовников Валерий Аркадьевич // gravaler@yandex.ru

**Козак С.З.<sup>1</sup>**, Агеев В.В.<sup>2</sup>, Шабанов А.В.<sup>1</sup>,  
Богомолова Л.С.<sup>1</sup> (1 — ЗАО «ГИДЭК», 2 — ЦГЭМИ  
ИФЗ РАН)

#### РЕШЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА РУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛО- ГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

*В статье описан опыт применения комплекса геофизических методов для оценки гидрогеологических условий в сложном геологическом разрезе в зоне многолетнемерзлых пород. Акваториальные геофизические исследования позволили выделить талики под ручьями и оценить их размеры. По результатам зондирования ЗМПЗ установлено положение гидрогеологически значимого тектонического нарушения в слоистой толще, заверенного гидрогеологическими скважинами. **Ключевые слова:** акваториальная и наземная геофизика, талики, зондирования методом переходных процессов, тектоническое нарушение.*

**Kozak S.Z.<sup>1</sup>**, Ageev V.V.<sup>2</sup>, Shabanov A.V.<sup>1</sup>, Bogomolova L.S.<sup>1</sup>  
(1 — HYDEC, 2 — TsGEMI IPP RAS)

#### SOLVING HYDROGEOLOGICAL ISSUES IN AN ORE DEPOSIT UNDER DIFFICULT GEOLOGICAL CONDITIONS IN THE PERMAFROST ZONE USING GEOPHYSICAL METHODS

*The article describes the experience of using a complex of geophysical methods to assess hydrogeological conditions in a complex geological section in the permafrost zone. Aquatorial geophysical studies made it possible to isolate taliks under streams and to estimate their size. Based on the results of soundings of the PMZ, the position of a hydrogeologically significant tectonic disturbance in the stratified sequence certified by hydrogeological wells was established. **Keywords:** aquatorial and terrestrial geophysics, taliks, transient soundings, tectonic disturbance.*

Геофизические методы являются неотъемлемой частью общего комплекса методов, применяемых при оценке гидрогеологических условий рудных месторождений.

Наши исследования выполнены на рудном месторождении, расположенном в Восточной Сибири в зоне развития многолетнемерзлых пород. Особенностью месторождения являются сложные геолого-геокриологические условия, что предопределило сильную пространственную изменчивость пород по их физическим свойствам. Отработка месторождения предполагалась карьерным способом. Отметим, что уровень геологической изученности месторождения был высоким, однако гидрогеологические условия были изучены относительно слабо.

Перед геофизикой были поставлены следующие задачи (в скобках — методы их решения):

— выделение и оконтуривание возможных подрусловых таликов под имеющимися водотоками. Выделение зон возможной субаквальной разгрузки (термометрия, кондуктометрия, ВЭЗ);

— определение подошвы многолетнемерзлых пород (электронизирование методом переходных процессов ЗМПП);

— уточнение положения предполагаемого тектонического нарушения на борту карьера (высокодетальные ЗМПП).

На рис. 1 приведен фрагмент карты фактического материала.

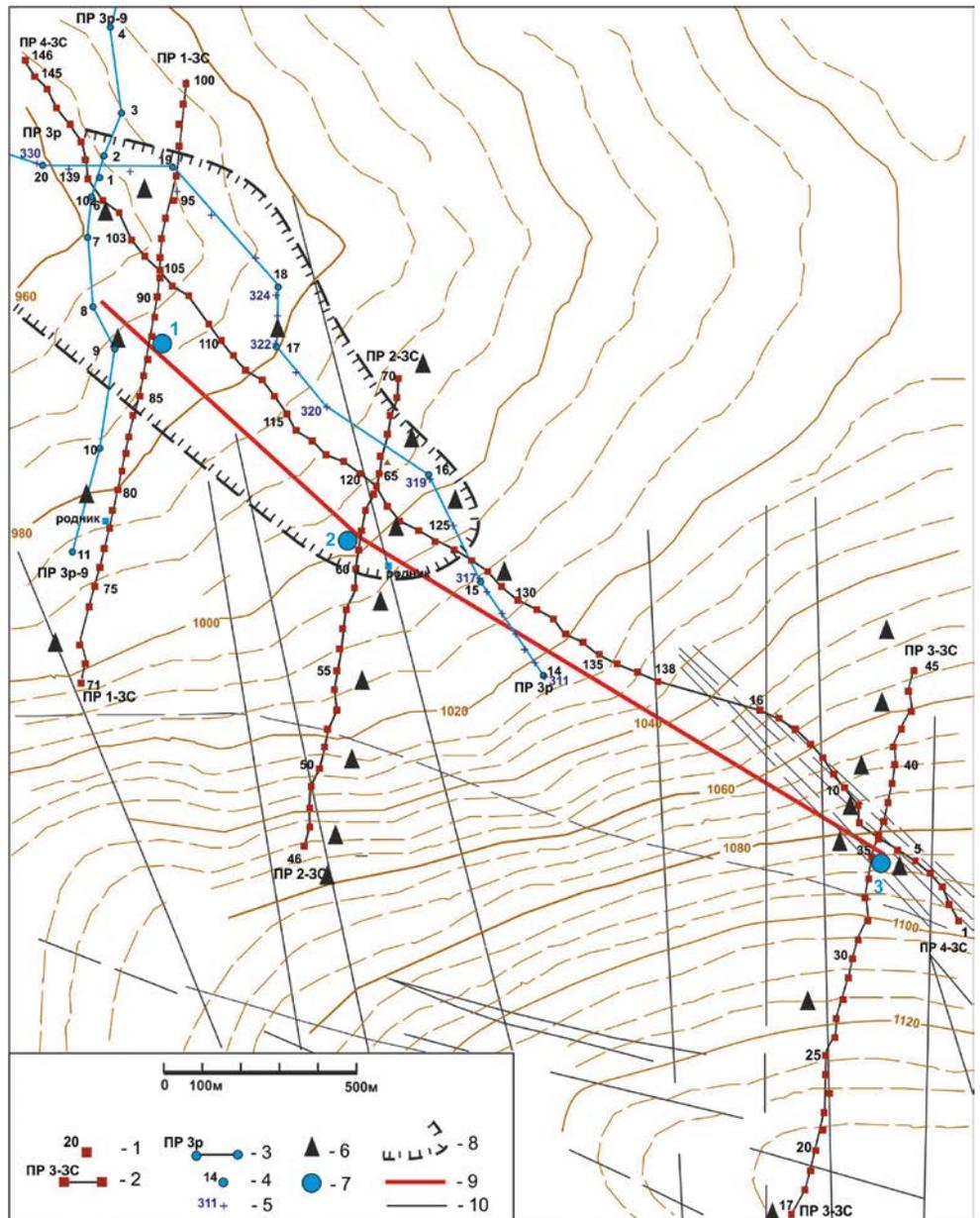
Термометрия и кондуктометрия были отработаны по всем имеющимся водотокам с шагом по профилю 20–25 м с измерением температуры воды и придонных отложений (с за давлением термодатчика на глубину 5–7 м). Выделение зон субаквальной разгрузки предполагалось преимущественно по термометрии, как относительно отрицательных температурных аномалий для температуры придонных отложений\*. При этом резистивиметрия применялась для оценки минерализации и использовалась как дополнительный метод для выделения возможных зон субаквальной разгрузки.

Зоны субаквальной разгрузки (заметные отрицательные аномалии температуры придонных отложений) не были установлены ни по одному из семи отработанных водотоков. Температура придонных отложений по всем профилям составляла 9–12 °С и была близка к температуре воды (рис. 2А). Подобная ситуация типична как при отсутствии субаквальной разгрузки, так и при перетоке поверхностных вод вниз в подрусловые отложения. Наиболее вероятным представлялся переток вниз,

поскольку за время выполнения акваториальной геофизики (июль-август) уровень воды в ручьях заметно упал, а местами ручьи пересохли.

Электроразведка ВЭЗ выполнена как по дну ручьев (шаг 100–300 м), так и вкрест ручьев с выходом на их борта и обязательным выходом за пределы талика (шаг внутри талика 25–50 м, после выхода из талика — 100–200 м). Разносы ВЭЗ составили от АВ=100 м по дну ручьев до АВ=500 м после выхода из талика на поперечных профилях. Примеры разрезов приведены на рис. 2.

Зоны таликов выделены как относительно низкоомные ( $УЭС = 200–500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  на фоне зон с  $УЭС = 1000–5000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  и более). В плане эти зоны приурочены



**Рис. 1. Фрагмент схемы фактического материала геофизических работ:** 1 — точка ЗМПП и ее номер; 2 — профиль ЗМПП и его номер; 3 — профиль акваториальной геофизики (ВЭЗ, термометрия и резистивиметрия); 4 — точка ВЭЗ и ее номер; 5 — точка термометрии и резистивиметрии; 6 — геологическая скважина; 7 — гидрогеологическая скважина; 8 — контур талика по данным ВЭЗ; 9 — линия тектонического нарушения по данным ЗМПП; 10 — линия тектонического нарушения по геологическим данным

\*Методические рекомендации по применению акваториальных геофизических методов при решении гидрогеологических и геоэкологических задач. — М.: МПР РФ, ГИДЭК, 2004.

к долинам ручьев. Глубина до подошвы таликов не превышала 10–15 м, ширина таликов составила от 50–100 м до 300–400 м. Особо отметим, что ни по одному ручью сквозные талики не зафиксированы. Контуры таликов вынесены на схему фактического материала (рис. 1).

По предварительным данным глубина до подошвы мерзлоты составляет около 150–200 м. Выделение ее предполагалось по данным ЗМПП, поскольку талые породы имеют УЭС ниже мерзлых.

Результаты выполненных индукционных зондирований не позволили решить эту задачу. Причиной этого оказалось наличие в разрезе хорошо проводящих горизонтов, проводимость которых по опыту работ может вызываться наличием прослоев с электронной проводимостью (зоны оруденения, графитизированности или углефицированности), изменчивость УЭС которых слабо зависит от температуры. Одновременно с этим анализ положения этих прослоев в разрезе позволил уточнить положение тектонических нарушений.

Рассмотрим особенности применения ЗМПП для уточнения положения тектонического нарушения, имеющего гидрогеологическое значение.

Заданная глубинность исследований составляла 300 м. Детальность работ предписывала шаг по профилю 25 м.

Первое требование определило необходимость использования достаточно большой генераторной петли

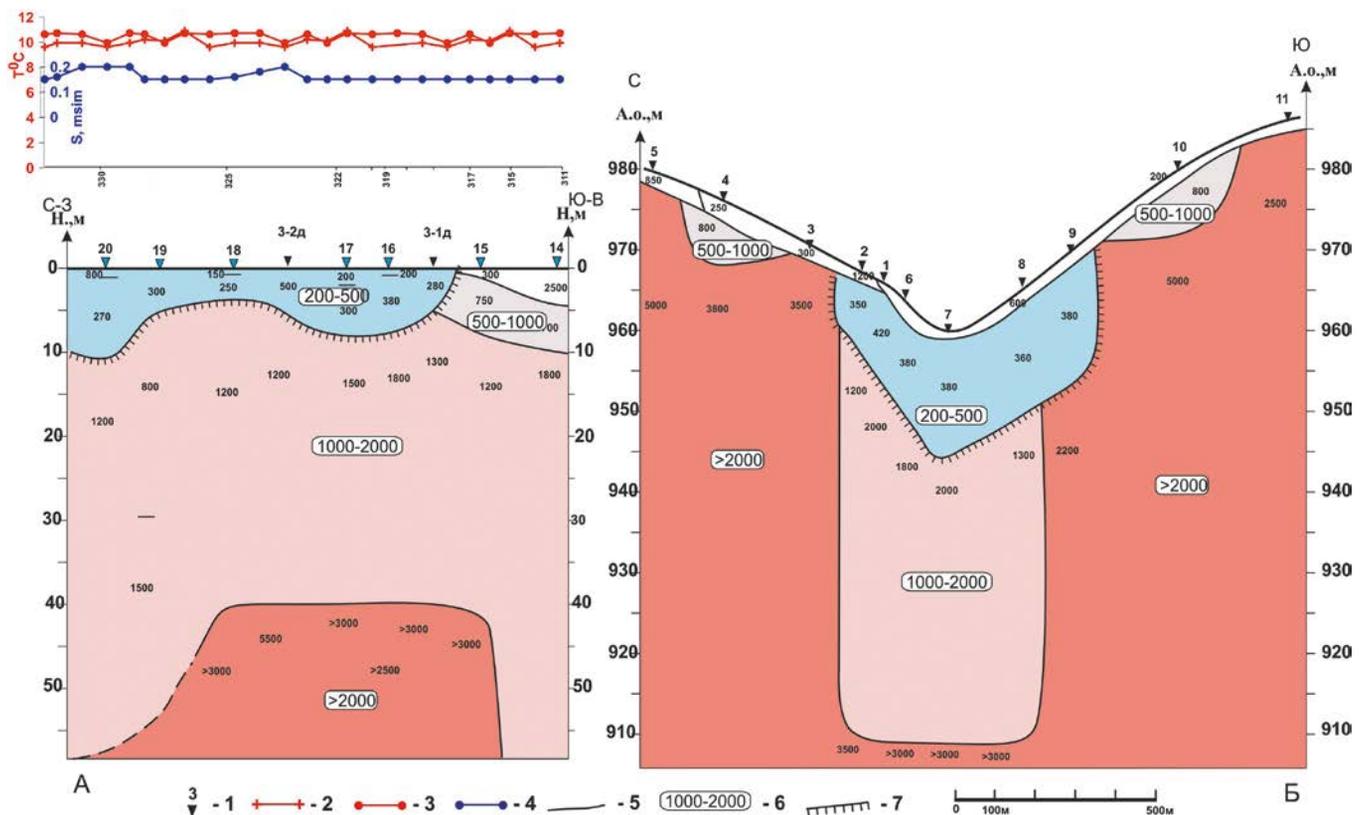
(100–200 м), но перекладывать большую петлю с частым шагом очень сложно.

В результате опытных работ была выбрана следующая технология измерений с разнесенными генераторной и приемной петлями. На профиле выкладывается генераторная петля размером 200 × 100 м (длинная сторона вдоль профиля). В центральной части этой петли выполняются измерения в четырех точках с шагом 25 м с измерительной петлей 25 × 25 м. Далее генераторная петля смещается на 100 м и выполняются измерения следующей четверки точек. Для измерений использовался аппаратный измерительный комплекс ТЕМ-Fast-48. Возбуждающий ток в генераторной петле равнялся 4 А. Максимальное время становления — не менее 2 мс.

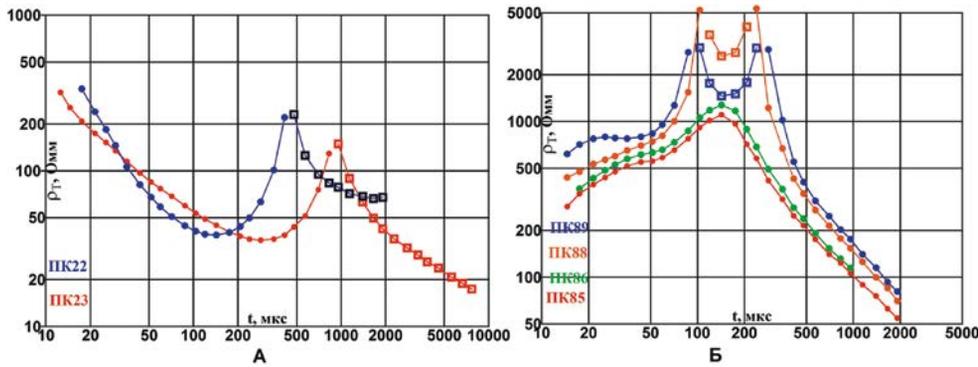
Три профиля (1-ЗС+3-ЗС) были отработаны вкрест предполагаемого нарушения, и один был отработан как увязочный (4-ЗС) через точки, намеченные для бурения гидрогеологических скважин.

Отметим, что практически все кривые становления в разной степени искажены поляризационными процессами, вызванными различными причинами.

На южных окончаниях профилей поляризационные процессы обусловлены подходящими близко к поверхности сильно поляризующимися породами (зоны оруденения, графитизации или углефицированные породы с проводимостью близкой к электронной). Оценка состава пород выполнена по опы-



**Рис. 2. Примеры результатов исследований по выделению таликов:** А — результаты термометрии, резистивиметрии и донных ВЭЗ; Б — результаты наземных ВЭЗ. 1 — точка ВЭЗ и ее номер; 2 — температура придонных отложений; 3 — температура воды; 4 — электропроводность воды; 5 — граница зон с различными значениями УЭС; 6 — значения УЭС, Ом·м; 7 — подошва талика



**Рис. 3. Примеры кривых ЗМПП:** А — точки 20 и 23, типичные для неглубокого залегания предположительно рудных или графитизированных (углефицированных?) пород; Б — точки 85, 86, 88 и 89 с резкой сменой типа кривых при пересечении предполагаемого тектонического нарушения; квадраты — отрицательные значения

ту, поскольку постоянная времени поляризационных процессов большая (2–6 и более мс) и на кривых ВП проявляется сменой знака на больших временах. На рис. 3А приведен пример таких кривых переходного процесса на точках №№ 20 и 23.

Севернее кривые ЗСБ в разной степени осложнены процессами ВП мерзлотного происхождения с малыми постоянными времени 30–70 мкс. Примеры таких кривых приведены на рис. 3Б. Отметим, что при пересечении предполагаемого тектонического нарушения резко меняется тип кривых ЗСБ. Практически на всех точках в основании разреза выделяется хорошо проводящее основание с УЭС 1–5 Ом·м, что соответствует предположительно рудным или графитизированным породам (возможно, углефицированным). Подошва этого проводника с нашей глубиной (около 300 м) не выделена.

Из вышеизложенного очевидно, что положение тектонического нарушения фиксировалось на качественном уровне по резкой смене типа кривых.

По результатам количественной интерпретации (программа TEMresearch, ИФЗ РАН) составлены геоэлектрические разрезы, анализ которых показал следующее.

Все субмеридианальные профили отличаются сильной профильной геоэлектрической изменчивостью как по глубине, так и по профилю (рис. 4).

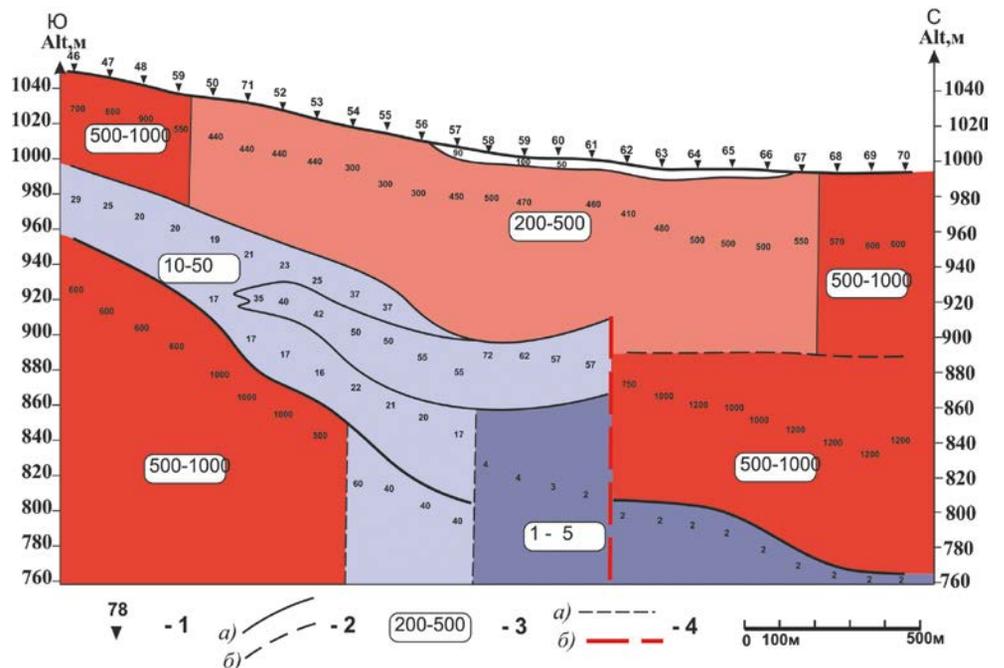
В верхней части разреза выделен относительно высокоомный горизонт с УЭС, меняющимся от 150–200 Ом·м до 1500–2000 Ом·м. Изменчивость

горизонта увеличивается с юга на север от 20–80 м до 100–200 м с уклонами от 0.25 до 0.4.

Ниже по разрезу выделяется слоистая толща с УЭС прослоев от 1–10 Ом·м до 20–60 Ом·м, 100–200 Ом·м и более (до 500–1000 Ом·м). Представляется очевидным, что УЭС этих прослоев определяется преимущественно их составом.

Последний горизонт с глубиной кровли до 300 м и более, как правило, имеет УЭС 1–5 Ом·м. Мы предполагаем, что в его составе присутствуют породы с проводимостью, близкой к электронной (при ионной проводимости содержание солей было бы выше 10 г/л, что противоречит имеющимся гидрогеологическим данным).

По всем профилям выделены субвертикальные контакты. По каждому из профилей выбраны участки,



**Рис. 4. Геоэлектрический разрез по данным ЗМПП по профилю 2 — ЗС:** 1 — точка ЗМПП и ее номер; 2 — граница зон с различными УЭС: а — уверенно выделенная, б — предположительная; 3 — значение УЭС, Ом·м; 4 — линии тектонических нарушений по данным ЗМПП: а — слабоконтрастные, б — наиболее контрастные

на которых происходит наиболее значимое изменение по глубине и физическим свойствам. Мы считаем, что именно к этим участкам приурочены наиболее значимые изменения гидрогеологических условий, что позволяет уточнить положение точек для бурения гидрогеологических скважин. Дополнительным критерием явилась резкая смена типа кривых (характера спада) ЗМПП при переходе через зону предполагаемого тектонического нарушения.

Напомним, что на других участках профилей также фиксируются предполагаемые нарушения на различных глубинах, однако изменения там заметно меньше и, следовательно, гидрогеологическое значение их заметно ниже. Мы прокоррелировали эти участки по профилям в плане и вынесли эту линию на схему расположения геофизических профилей (рис. 1).

Таким образом, наиболее значимые результаты акваториальных и наземных геофизических исследований сводятся к следующему:

— По результатам донных и наземных ВЭЗ выделены подрусловые талики, глубина которых составляет 10–15 м, а ширина от 50–100 м до 300–400 м. Особо отметим, что ни по одному ручью сквозные талики не зафиксированы. Таким образом, поверхностные и подмерзлотные воды гидравлически не связаны.

— По результатам акваториальной термометрии и резистивиметрии установлено, что по всем ручьям на исследованной территории происходит переток вниз, в подрусловые талики.

— По результатам наземной электроразведки ЗМПП выделено тектоническое нарушение, имеющее наиболее высокое гидрогеологическое значение на участке исследований.

— Результаты наземной и акваториальной геофизики использованы при уточнении положения точек для бурения гидрогеологических скважин и составлении геофильтрационной схемы, как основы для геофильтрационного моделирования.

© Коллектив авторов, 2020

Козак Сергей Залманович  
Агеев Владимир Викторович // ageevvv@yandex.ru  
Шабанов Александр Владимирович // saratov@hydec.ru  
Богомолова Любовь Семеновна // info@hydec.ru

УДК 551.1/4(551.32)

Крапивнер Р.Б. (ЗАО «ГИДЭК»)

## КРИЗИС ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ОБЛАСТЕЙ ПОСТУЛИРУЕМЫХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ

*Государственное геологическое картирование четвертичных отложений северных равнин отображает лишь изменения во времени географической среды, связанные с чередованием ледниковых и межледниковых эпох на*

*фоне незыблемой земной коры. Принципы составления таких карт базируются на артефактах, обусловленных ошибочным пониманием баланса сил, управляющих движением ледников. Гравитационная природа этих сил и реология глетчерного льда определяют невозможность воздействия ледника на свое ложе с возникновением гляциотектонических дислокаций, ледниковых отторженцев, напорных морен и т.д. Кратко анализируются физические основы теории тектонического происхождения приповерхностных дислокаций осадочного чехла, принимаемых за проявления гляциотектоники. Они не являются бескорневыми и отображают неотектоническое, в том числе современное напряженное состояние пород осадочного чехла в зонах их развития. Геологическое картирование таких зон на уровне современной геологической науки позволяет определять характер этого напряженного состояния, который должен учитываться при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях, а также при геологоразведочных работах на углеводороды. **Ключевые слова:** геологическая карта, четвертичные отложения, ледниковая теория, неотектоника, напряжения, деформации, гляциология.*

Krapivner R.B. (HYDEC)

## THE CRISIS OF GEOLOGICAL MAPPING OF POSTULATED PLEISTOCENE GLACIATIONS AREAS

*The state geological mapping of the quaternary deposits of the northern plains reflects changes in the time of the geographical environment associated with the alternation of glacial and interglacial eras against the background of the unshakable crust of the earth. The principles for compiling such maps are based on artifacts due to an erroneous understanding of the balance of forces that control the movement of glaciers. The gravitational nature of these forces and the rheology of glacier ice determines the impossibility of the glacier acting on its place with the appearance of glaciotectonic dislocations, glacial rejects, pressure moraines, etc. A brief analysis is made of the physical foundations of the theory of the tectonic origin of near-surface sedimentary cover dislocations, taken for the manifestations of glaciotectonics. These dislocations are not rootless and reflect the neotectonic, including modern, stressed state of sedimentary cover rocks in the zones of their development. Geological mapping of such zones at the level of modern geological science allows us to determine the nature of this stress state, which should be taken into account in hydrogeological and geological-engineering surveys, as well as in geological exploration for hydrocarbons. **Keywords:** geological map, Quaternary deposits, glacial theory, neotectonics, stresses, deformations, glaciology.*

Задачами государственного картирования четвертичных отложений северных равнин считается климато-стратиграфическое расчленение разреза на ледниковые и межледниковые таксоны с изучением их вещественного состава и распространения по площади на базе (по умолчанию) постулата о незыблемости земной коры. Карты, составленные по такому принципу, отображают лишь изменения во времени гео-