ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2020;(3-1):224-234
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.83+556.343 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-224-234

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГИДРОГЕОМЕХАНИКИ, ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ И БИОЛОКАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

С.Н. Тагильцев[1], А.В. Чередниченко[1], В.В. Мельник[2]

[1] Уральский государственный горный университет,
[2] Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН)

Аннотация: На территориях горно-складчатых регионов водоносные зоны в массивах горных пород связаны с тектоническими нарушениями. Для выделения перспективных разломов и их детализации в целях водоснабжения или осушения горных предприятий достаточно эффективно применяются методы электроразведки. При выборе перспективных участков заложения скважин водоснабжения в скальных массивах хорошие результаты даёт комплексирование поисковых приёмов гидрогеомеханики и биолокации. Анализ ориентировки разломов в поле современных тектонических напряжений с позиций гидрогеомеханики даёт возможность предположить, с высокой степенью вероятности, кинематический тип тектонических нарушений. Характеристики поля тектонических напряжений могут быть выявлены в процессе поисковых исследований. Биолокация позволяет выявить расположение, ориентировку и ширину разломов на поисковом участке с минимальными затратами. Количественная интерпретация биолокационных эффектов даёт возможность выявить наиболее обводнённые участки тектонических нарушений, которые очень часто связаны с местами пересечения разломов. Эффективность биолокации существенно снижается при изучении гидрогеологического разреза по вертикали (по глубине). Определение мощности покровных образований, оценка смещения, по глубине, наиболее обводненных участков не так надежны, как исследования, выполненные в обобщенной субгоризонтальной плоскости (в плане). Данные электроразведки выявляют структуру разлома в плане и по вертикали, позволяют оценить литологический состав пород, определяют положение литологических контактов и мощность покровных образований. Результаты электроразведки дают возможность количественно оценить степень обводнённости и проницаемости изучаемых участков.

Ключевые слова: гидрогеомеханика, биолокация, электроразведка, тектонические напряжения, разломы, водоносные зоны, проницаемость.

Для цитирования: *Тагильцев С.Н., Чередниченко А.В., Мельник В.В.* Комплексирование методов гидрогеомеханики, электроразведки и биолокации для выбора мест заложения гидрогеологических скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 3-1. — С. 224–234. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-224-234.

© С.Н. Тагильцев, А.В. Чередниченко, В.В. Мельник. 2020.

Aggregation methods hydrogeomechanical, electrical and dowsing to select areas of hydrogeological wells

S.N. Tagil'cev[1], A.V. Cherednichenko[1], V.V. Melnik[2]

[1] Ural state mining University, Russia

[2] The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Russia

Abstract: In the territories of mountain-folded regions, aquifers in rock masses are associated with tectonic disturbances. To identify promising faults and their detailing for water supply or drainage of mining enterprises, methods of electrical exploration are quite effectively applied. When choosing promising areas for laying water supply wells in rock masses, good results are obtained from a combination of exploratory techniques for hydrogeomechanics and biolocation. Analysis of the orientation of faults in the field of modern tectonic stresses from the standpoint of hydrogeomechanics makes it possible to assume, with a high degree of probability, the kinematic type of tectonic disturbances. The characteristics of the tectonic stress field can be identified in the process of exploratory research. Dowsing allows you to identify the location, orientation and width of faults in the search area with minimal cost. A quantitative interpretation biolocation effects makes it possible to identify the most flooded areas of tectonic disturbances, which are very often associated with fault intersections. The effectiveness of dowsing is significantly reduced when studying the hydrogeological section vertically (in depth). Determining the thickness of integumentary formations, assessing the displacement, in depth, of the most flooded areas is not as reliable as studies performed in a generalized subhorizontal plane (in plan). Electrical exploration data reveals the structure of the fault in plan and vertically, allows you to assess the lithological composition of the rocks, determine the position of lithological contacts and the thickness of the cover formations. The results of electrical exploration make it possible to quantify the degree of water cut and permeability of the studied areas.

Key words: hydrogeomechanics, biolocation, electrical exploration, tectonic stresses, faults, aquifers, permeability.

For citation: Tagil'cev S.N., Cherednichenko A.V., Melnik V.V. Aggregation methods hydrogeomechanical, electrical and dowsing to select areas of hydrogeological wells. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3-1):224-234. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-224-234.

Введение

В условиях горно-складчатых регионов водоносные зоны в массивах горных пород связаны с тектоническими нарушениями. Для выделения перспективных участков и для их детализации достаточно эффективно применяются методы электроразведки. При изучении больших площадей с последующей детализацией участков местности стоимость геофизических работ приближается к стоимости бурения скважин, и экономическая эффективность геофизических исследований снижается. При выборе перспективных участков заложения гидрогеологических скважин водоснабжения и дренажа горных выработок в скальных массивах хорошие результаты даёт комплексирование поисковых приёмов гидрогеомеханики и биолокации.

Основной задачей гидрогеомеханики является исследование закономерностей формирования фильтрационной структуры скальных массивов в поле современных геодинамических (тектонических) напряжений. Важной частью этих исследований, которые имеют существенное прикладное значение, следует считать определение пространственных закономерностей

в расположении активных (подвижных) тектонических нарушений.

При выборе участков заложения колодцев и скважин, предназначенных для водоснабжения, издавна используются методики биолокации. При условии высокой геомеханической квалификации оператора-гидрогеолога применение биолокации значительно упрощает, ускоряет и удешевляет выбор перспективных участков для целенаправленного выполнения геофизических работ и бурения гидрогеологических скважин.

Теория

Опыт гидрогеологических исследований в горно-складчатых регионах показывает, что высокой проницаемостью отличаются тектонические нарушения, подвижные (активные) в современном поле геодинамических напряжений земной коры [1, 3, 8]. На стыке гидрогеологии, тектонофизики и геомеханики сформировалось новое научное направление — «гидрогеомеханика скальных массивов». Современная активизация тектонических нарушений зависит от ориентировки разломов в поле современных геодинамических напряжений, действующих в определённом участке земной коры. Геодинамическая этажность земной коры определяет изменение ориентировки осей главных напряжений с глубиной [8], что служит основным фактором образования тектонических разломов разных кинематических типов (надвигов, сдвигов, сбросов). Современная активизация является основным фактором, определяющим формирование открытых трещин, которые, в свою очередь, обеспечивают проницаемость скальных массивов.

Изучение пространственной ориентировки и геомеханической роли тектонических разломов имеет важное практическое значение. Геомеханические свойства тектонических нарушений определяют их проницаемость для подземных вод, инженерно–геологические характеристики скальных массивов и степень современной геодинамической опасности участков земной коры.

Взаимное расположение разломов в горизонтальной плоскости можно наглядно показывать при помощи розы-диаграммы, отражающей преобладающую ориентировку линейных элементов (линеаментов) тектонических нарушений. Для построения роз-диаграмм линеаментов, которые предположительно отражают расположение разломов, используются данные топографического, геоботанического, геологического, инженерно-геологического и гидрогеологического картирования, а также данные съёмок, полученные с помощью космических аппаратов. Методика построения роз–диаграмм заключается в суммировании относительных длин линеаментов тектонических нарушений в пределах выбранных диапазонов азимутов простирания. В результате, группы разломов преобладающей ориентировки формируют на диаграмме выраженные пики.

Главное максимальное напряжение, формирующее большинство активных тектонических разломов в современную геологическую эпоху, имеет два преобладающих направления (две ориентировки). На некоторых объектах основное направление ГМН действует по азимуту 260°. На других территориях преобладает ориентировка ГМН со средним азимутом 285°. Очень часто выявляются участки земной коры, на которых проявляются оба этих направления.

Вид розы–диаграммы, отражающей ориентировку ГМН по азимуту 260°, показан на рис. 1. Представлены пики, отражающие простирание сбросов, надвигов, левых и правых сдвигов. Простирание сбросов совпадает

с ориентировкой оси максимального главного нормального напряжения, что соответствует закономерностям, связанным с геодинамической этажностью [8]. Пик диаграммы отражает положение в пространстве надвиговых структур, которые располагаются под прямым углом к оси ГМН и к пику диаграммы, определяющему ориентировку сбросов. Ориентировка надвигов имеет преобладающий азимут 350°. Два пика сдвиговых структур закономерно располагаются справа и слева от пика сбросовых нарушений и отстоят на угол скола, который чаще всего составляет, в среднем, 40°. Левые сдвиги имеют преобладающую среднюю ориентировку 300°, а сдвиги правой кинематики — 220°.

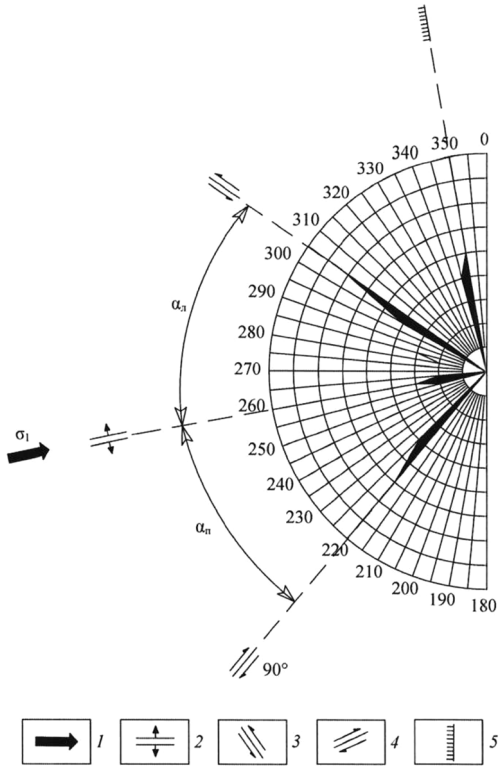

Рис. 1. Преобладающие ориентировки разломов в поле тектонических напряжений с азимутом ГМН 260°: 1 — действие ГМН; *2* — раздвиги и сбросы; *3* — левые сдвиги; *4* — правые сдвиги; *5* — вбросы; $\alpha_л$ — угол скола левых сдвигов; $\alpha_п$ — угол скола правых сдвигов

Fig. 1. The prevailing orientation of faults in the field of tectonic stresses with bearing azimuth GMN 260°: *1* — action GMN; *2* — radwege and discharges; *3* — left shifts; *4* — right shifts; *5* — stuffing; $\alpha_л$ — angle of cleavage left shifts; $\alpha_п$ — angle cleavage right of cdigo

Смысл термина «биолокация» отражает способность живых организмов определять координаты невидимого объекта в пространстве на основе внутренней способности интерпретировать окружающее нас электромагнитное излучение. Основным источником электромагнитного излучения являются земные недра. В геологии данный метод успешно применяется для поисков полезных ископаемых и источников воды [4—7, 10].

Геологический объект вызывает изменения в поле электромагнитных излучений, эти изменения улавливаются оператором и проявляются в движениях индикатора. При проявлении биолокационной реакции рамки поворачиваются внутрь или наружу. За начальное рабочее положение принимается их неустойчивое равновесие и неподвижность. Какие бы рамки ни использовались при биолокации, важно понимать, что истинным приёмником и интерпретатором излучений является сам человек (оператор), который воспринимает локальные изменения различных, в первую очередь, электромагнитных полей.

Основная особенность современного направления биолокационных исследований заключается в попытках количественного выражения результатов биолокации (биолокационных эффектов — БЛЭ). Биолокационное исследование, чаще всего, проводится медной рамкой. За нейтральное положение принимается положение рамки, совпадающее с осью руки оператора (рис. 2). При проявлении БЛЭ наблюдается отклонения

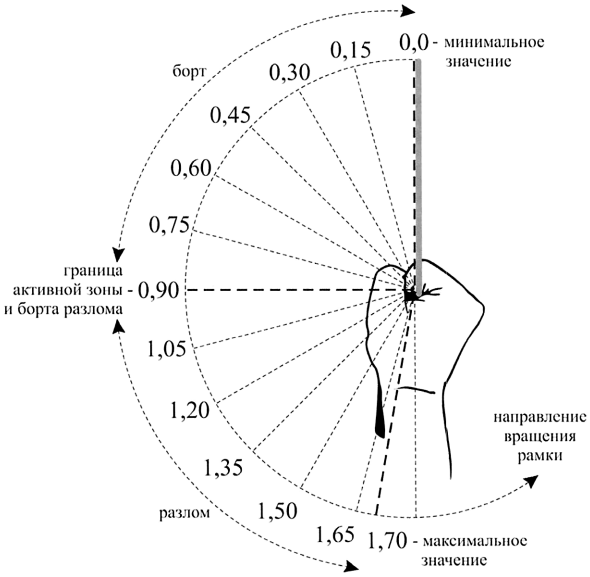

Рис. 2. Численное представление интенсивности БЛЭ
Fig 2. Numerical representation of the intensity of BLE

рамки. Диапазон отклонений для борта разлома составляет 0 — 90 градусов, для активной зоны разлома 90 — 170 градусов (так как ход рамки ограничен рукой). При обследовании возмущающих объектов, в местах, где фиксируется максимальное проявление БЛЭ, рамка ударяется об руку оператора. Это значение принимается равным 1,70 д. е. (доли единицы пропорциональны угловым градусам). В местах, где начинался борт разлома, значение принималось меньше либо равным 0,90 д. е.

Особенностью строения свиты является гетерогенность её состава и высокий метаморфизм пород. Кувашская свита в изучаемом районе представлена амфиболитами, двуслюдяными биотит-амфиболовыми сланцами, а также кварцитами. Мощность пород свиты в районе составляет в среднем 500 м. Метаморфические породы разбиты на тектонические блоки различных размеров. Границами блоков являются тектонические нарушения, по которым происходит основная циркуляция подземных вод. Гидрогеологические и геофизические работы были направлены на поиски обводнённых разломов.

В ходе первого этапа поисковых исследований применялись методы гидрогеомеханики и биолокации. По результатам этих работ были намечены участки для проведения электроразведки. Целью геофизических исследований являлось уточнение гидрогеологической структуры зон разломов.

Эффективность биолокации существенно снижается при изучении гидрогеологического разреза по вертикали (по глубине). Комплексное применение методов гидрогеомеханики, биолокации и электроразведки позволяет значительно повысить эффективность гидрогеологических исследований.

Результаты гидрогеологических исследований в районе г. Златоуст

Для решения проблемы питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения г. Златоуст Челябинской области за счет подземных вод были выполнены

поисковые гидрогеологические работы. По результатам изучения поисковой площади выделено несколько участков. На площади Северного поискового участка тектоническая обстановка, геологическое строение и гидрогеологические условия создают благоприятные условия для постановки поисковых работ на подземные воды.

В пределах Северного поискового участка получили развитие образования Кувашской свиты среднего рифея, представленные метаморфическими сланцами.

Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) выполнялись с разносами питающей линии АВ до 1000 м и шагом 50—100 м на двух профилях (Северный участок). Наблюдения методом ВЭЗ с шагом 50 м выполнялись в районе предполагаемых тектонических нарушений и в зонах пониженных сопротивлений. Разносы питающей линии ориентировались по профилю, ориентированному перпендикулярно предполагаемому простиранию разлома. Работы производились с применением низкочастотной геофизической аппаратуры ИКС-1. Объем выполненных работ составил 91 ф. т. ВЭЗ. Геофизические работы выполнялись в соответствии с существующими инструкциями. При камеральной обработке материалов геофизических исследований проводилась как качественная, так и количественная их интерпретация [2]. В результате камеральной обработки геофизических исследований построены вертикальные карты сопротивлений и геоэлектрические разрезы.

По результатам электроразведки ВЭЗ по профилю I на геоэлектрических разрезах в точках 10 и точках 14 зафиксированы контакты коренных пород с различным сопротивлением. Коренные породы перекрыты чехлом рыхлых отложений. В точке 10 мощность рыхлых отложений составляет 9 м, а в точке 14 достигает 17 м. На вертикальных картах сопротивлений контактам пород соответствуют зоны пониженных сопротивлений (рис. 3). В пределах зон с пониженными сопротивлениями очень вероятно обнаружение зон с повышенной водообильностью горных пород. В точках 10 и 14 было рекомендовано бурение поисковых скважин.

По результатам геофизических работ на Северном участке пробурено несколько поисковых скважин. Результаты бурения и фильтрационного опробования скважин показали, что комплекс исследований, применённый при поисковых работах, подтвердил свою эффективность. Комплексное применение методов гидрогеомеханики (рис. 4), биолокации и электроразведки позволило решить основные гидрогеологические задачи.

При откачках из поисковых скважин получены следующие значения: скв. 1 — дебит 7,0 *л/с.*, понижение уровня 5,80 м, удельный дебит 1,21 *л/с.*; скв. 2 — дебит 7,0 *л/с*, понижение уровня 6,15 м, удельный дебит 1,14 *л/с.*; скв. 3 — дебит 5,0 *л/с.*, понижение уровня 7,40 м., удельный дебит 0,68 *л/с*. Значения удельного дебита по скважинам 1, 2, 3 превышают фоновые показатели примерно на порядок. Таким образом, расположение скважин относительно водоносных зон следует признать очень удачным.

Точки для бурения скважин на Северном участке были заданы с помощью комплексирования биолокационного метода, гидрогеомеханики и наземных геофизических исследований. После завершения полевых и камеральных работ было выполнено дополнительное биолокационное обследование участка с целью сравнительного анализа с данными исследований тектонических структур, которые вскрыли скважины.

Основная особенность дополнительного биолокационного обследования заключалась в попытке количественного

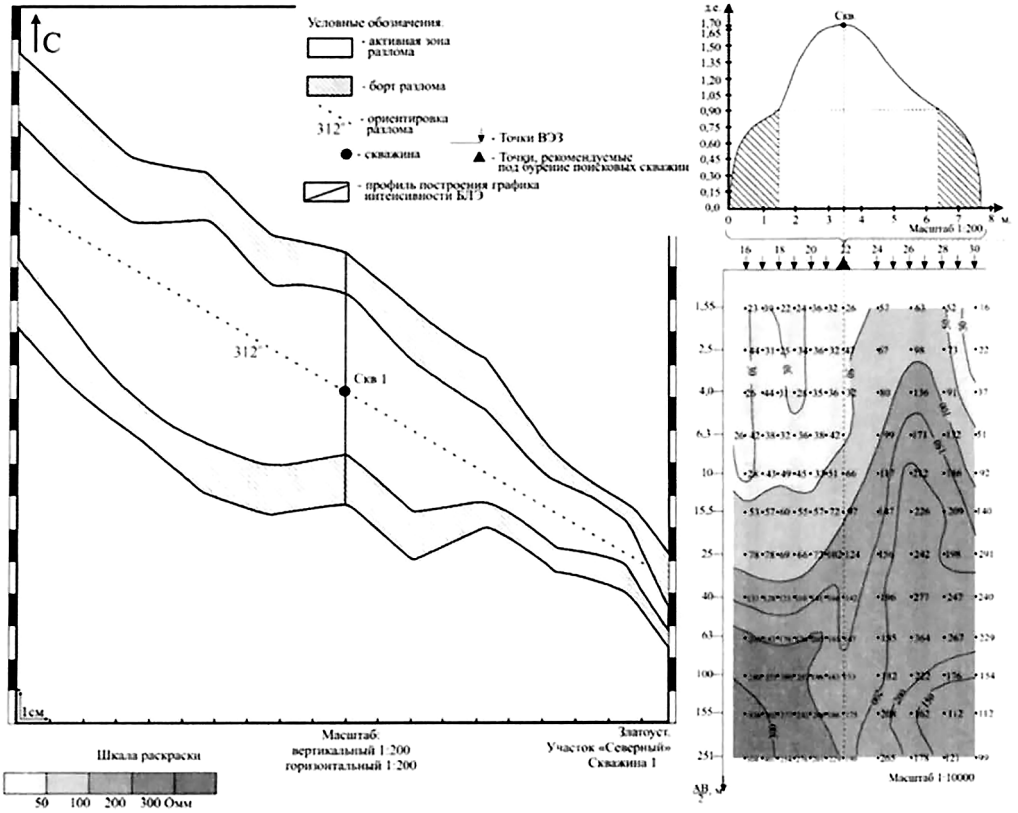

Рис. 3. Сопоставление результатов биолокационных и геофизических исследований скважины 1
Fig. 3. Comparison of the results of biolocation and geophysical studies of the well 1

выражения результатов биолокации (БЛЭ). Главные геофизические профиля, проходящие через скважины Северного участка, разбивались на интервалы по 5 м. Далее осуществлялась биолокационная съемка по обеим сторонам от главного профиля с такими же интервалами между точками наблюдений. Отправной точкой построения всех схем разломов служила скважина. Передвижение по всем профилям производилось с помощью компаса в соответствии с ориентировкой выбранных объектов.

В результате были получены схемы строения всех разломов, в которых находились скважины. Для определения генезиса выделенных дизъюнктивных нарушений использовалась представления гидрогеомеханики скальных массивов [3, 8, 9]. По данным исследований были составлены графики интенсивности проявления БЛЭ. По оси абсцисс откладывалась ширина разлома по профилю, проходящему через скважину, в крест простирания разлома. На оси ординат отображались показания рамки в соответствии с принятыми значениями в долях единицы. Сравнительный анализ данных геофизических работ и количественной биолокации показал высокую степень совпадения результатов обеих методов. На рис. 3 представлены результаты исследований в районе скв. 1. Близкие результаты получены и по другим разломам и скважинам.

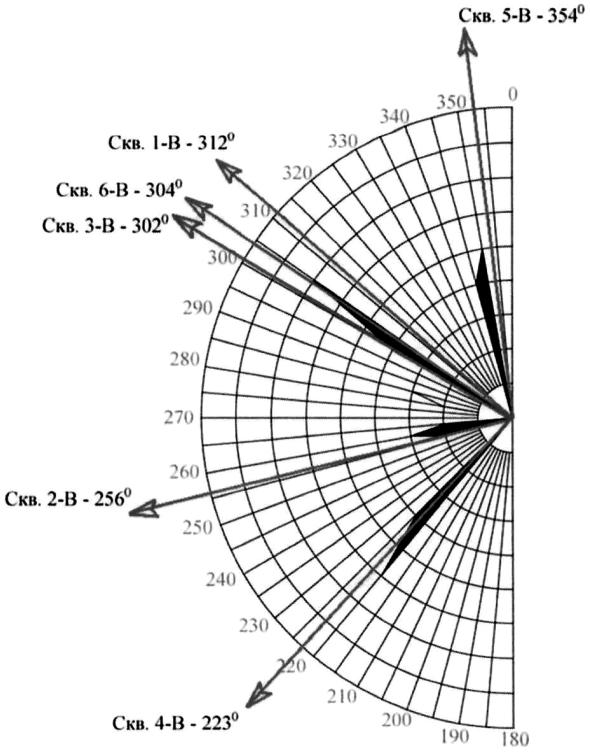

Рис. 4. Ориентировка тектонических нарушений, выявленных на поисковом участке
Fig 4. Orientation of tectonic disturbances identified in the search area

Эффективность биолокации существенно снижается при изучении гидрогеологического разреза по вертикали (по глубине). Определение мощности покровных образований, оценка смещения разлома по глубине, выбор наиболее обводненных участков геологического разреза, как правило, доступны редким операторам — гидрогеологам. Кроме того, эти определения не так надежны, как исследования, выполненные оператором в обобщенной субгоризонтальной плоскости.

Анализ полученных результатов позволяет оценить преимущества каждого из использованных методов. Биолокация с минимальными затратами даёт возможность выявить расположение, ориентировку и ширину разломов на поисковом участке. Анализ ориентировки разломов в поле современных тектонических напряжений дает возможность предположить с высокой степенью вероятности кинематический тип разлома (сдвиг, надвиг, сброс) [8, 11 — 13]. Необходимо отметить, что ориентировка разломов, выявленных на изучаемом участке (рис. 4), полностью совпала с типовой схемой разломов (рис. 1),

Количественная детализация БЛЭ, выполненная в зонах, прилежащих к бортам разлома, позволяет оценить направление падения висячего шва разлома и примерно — угол падения тектонического нарушения [6]. Важно отметить, что количественная интерпретация БЛЭ дает возможность выявить наиболее обводнённые участки тектонических нарушений, которые

очень часто связаны с местами пересечения разломов [7, 10].

Комплексное применение гидрогеомеханики, биолокации и электроразведки позволяет значительно повысить эффективность гидрогеологических исследований. На начальном этапе поисковых работ биолокация позволяет выявить структуру разломов, наметить ключевые участки и ориентировку будущих профилей, сформулировать содержание вопросов, которые должны решить геофизические исследования. Данные электроразведки выявляют структуру разлома в плане и по вертикали, позволяют оценить литологический состав пород, определяют положение литологических контактов и мощность покровных образований. Очень важно отметить, что результаты электроразведки дают возможность количественно оценить степень обводненности и проницаемости изучаемых участков.

Выводы

1. В условиях горно-складчатых регионов водоносные зоны в массивах горных пород связаны с тектоническими нарушениями. Для выделения перспективных участков и для их детализации достаточно эффективно применяются методы гидрогеомеханики, биолокации и электроразведки. Опыт выполненных исследований позволяет сформулировать преимущества каждого из использованных методов.

2. Биолокация может применяться на начальном этапе поисковых работ при условии последующей верификации полученных данных, однако этот метод требует проведения дальнейших исследований по объяснению физических принципов, стандартизации и унификации методами геофизики.

3. Биолокация позволяет выявить расположение, ориентировку и ширину разломов на поисковом участке с минимальными затратами. Анализ ориентировки разломов в поле современных тектонических напряжений с позиций гидрогеомеханики даёт возможность предположить с высокой степенью вероятности кинематический тип тектонических нарушений. Характеристики поля тектонических напряжений могут быть выявлены в процессе поисковых исследований.

4. Количественная детализация биолокационных эффектов, выполненная в зонах, прилежащих к бортам разлома, позволяет оценить направление падения висячего шва разлома и примерно — угол падения тектонического нарушения. Количественная интерпретация также даёт возможность выявить наиболее обводнённые участки тектонических нарушений, которые очень часто связаны с местами пересечения разломов.

5. Эффективность биолокации существенно снижается при изучении гидрогеологического разреза по вертикали (по глубине). Определение мощности покровных образований, оценка смещения, по глубине, наиболее обводненных участков не так надежны, как исследования, выполненные в обобщенной субгоризонтальной плоскости (в плане).

6. Данные электроразведки выявляют структуру разлома в плане и по вертикали, позволяют оценить литологический состав пород, определяют положение литологических контактов и мощность покровных образований. Очень важно отметить, что результаты электроразведки дают возможность количественно оценить степень обводненности и проницаемости изучаемых участков.

7. На начальном этапе поисковых работ биолокация позволяет выявить структуру разломов, наметить ключевые участки и ориентировку будущих профилей, сформулировать содержание

вопросов, которые должны решить геофизические исследования. Комплексное применение гидрогеомеханики, биолокации и электроразведки позволяет значительно повысить эффективность гидрогеологических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bird C.* Planetary Grid. //New Age Journal. 5. 1975. P.p. 36 — 41.
2. *Воскресенский Ю.Н.* Полевая геофизика: учебник для вузов. РГУ Нефти и Газа — М., Недра, 2010 — 479 с.
3. *Zoback M.L.* First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: the world stress map project // Journal of Geophysical Research. 1992. Vol. 97. № B8. pp. 11761–11782.
4. *Каравас А.К.* Практика биолокации в геологии //Бюллетень МОИП. Отдел геологический. Т. 89, № 6, 2014. С. 77 — 82.
5. *Либстер Г.А.*, *Чирва А.И.* Использование биолокации при горных разработках в Кривбассе // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1991. № 4. С. 55 — 57.
6. *Лушникова О.Ю.* Практическая биолокация при исследовании недр. — Екатеринбург: УГГУ, 2003. — 104 с.
7. *Лушникова О.Ю.*, *Лушников Л.Л.* Применение биолокации в горном деле // Изв. ВУЗов. Горный журнал. — 1995. № 5. С.121 — 125.
8. *Тагильцев С.Н.*, *Лукьянов А.Е.* Геомеханическая роль тектонических разломов и закономерности их пространственного расположения // Геомеханика в горном деле: докл. науч.-техн. конф. (12–14 октября 2011 г.). Екатеринбург, 2012. С. 26–39.
9. *Tkachuk E.I.* Regular vertical changeability of rock mass properties of filtration // Proceeding Sixth Int. Congress IEAG. 1990. Vol. 2. pp. 1249–1252.
10. *Tromp S.W.* Possible physiological Causes of Dowsing // Jnt. J. Parapsyclol. — 1968. Vol. 10. №4. — pp. 363 — 391.
11. *Stefanov Y.*, *Bakeev R.A.*, Rebetsky Yu., *Kontorovich V.A.* Structure and formation stages of a fault zone in a geomedium layer in strike-slip displacement of the basement. Physical Mesomechanics. 2014. Vol. 17. pp. 204 — 215. DOI: 10.1134/S1029959914030059.
12. *Tataurova A.A.*, *Stefanov Y.P.*, *Bakeev R.A.* Influence of gravity on deformation of blocks in Earthes crust // AIP Conference Proceedings. Proceedings of the International Conference on Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures 2017 (AMHS›17) (Tomsk, Russia, 9 — 13 October 2017). 2017. Vol. 1909. no 1. pp. 020217 — 1-020217 — 4.
13. Stefanov Yu. P., *Bakeev R.A.*, Rebetsky Yu. L., *Kontorovich V.A.* Structure and formation stages of a fault zone in a geomedium layer in stick-slip displacement of the base // Physical Mesomechanics. 2013. Vol. 16. no 5. pp. 41 — 52. ГИАБ

REFERENCES

1. Bird C. Planetary Grid. New Age Journal. 5. 1975. P.p. 36 — 41.
2. Voskresenskij Yu.N. *Polevaya geofizika* [Field geophysics]: uchebnik dlya vuzov. RGU Nefti i Gaza M., Nedra, 2010 479 p. [In Russ]
3. Zoback M.L. First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: the world stress map project. Journal of Geophysical Research. 1992. Vol. 97. no B8. pp. 11761–11782.
4. Karavas A.K. The Practice of dowsing in Geology. *Byulleten' MOIP. Otdel geologicheskij*. T. 89, no 6, 2014. pp. 77 — 82. [In Russ]
5. Libster G.A., CHirva A.I. Use of dowsing when mining in Krivbass. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*. 1991. no 4. pp. 55 — 57. [In Russ]
6. Lushnikova O.Yu. *Prakticheskaya biolokaciya pri issledovanii nedr* [Practical dowsing in the study of mineral resources]. Ekaterinburg: UGGU, 2003. 104 p. [In Russ]

7. Lushnikova O.Yu., Lushnikov L.L. Use of dowsing in mining. *Izv. VUZov. Gornyj zhurnal*. 1995. no 5. pp. 121 — 125. [In Russ]

8. Tagil'cev S.N., Luk'yanov A.E. *Geomekhanicheskaya rol' tektonicheskih razlomov i zakonomernosti ih prostranstvennogo raspolozheniya* [Geomechanical role of tectonic fractures and the regularities of their spatial arrangement]. Geomekhanika v gornom dele: dokl. nauch.-tekhn. konf. (12–14 oktyabrya 2011 g.). Ekaterinburg, 2012. pp. 26–39. [In Russ]

9. Tkachuk E.I. Regular vertical changeability of rock mass properties of filtration. Proceeding Sixth Int. Congress IEAG. 1990. Vol. 2. pp. 1249–1252.

10. Tromp S.W. Possible physiological Causes of Dowsing. Jnt. J. Parapsyclol. 1968. Vol. 10. no 4. pp. 363 — 391.

11. Stefanov Y., Bakeev R.A., Rebetsky Yu., Kontorovich V.A. Structure and formation stages of a fault zone in a geomedium layer in strike-slip displacement of the basement. Physical Mesomechanics. 2014. Vol. 17. pp. 204 — 215. DOI: 10.1134/S1029959914030059.

12. Tataurova A.A., Stefanov Y.P., Bakeev R.A. Influence of gravity on deformation of blocks in Earthes crust. AIP Conference Proceedings. Proceedings of the International Conference on Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures 2017 (AMHS›17) (Tomsk, Russia, 9 — 13 October 2017). 2017. Vol. 1909. no 1. pp. 020217 — 1-020217 — 4.

13. Stefanov Yu. P., Bakeev R.A., Rebetsky Yu. L., Kontorovich V.A. Structure and formation stages of a fault zone in a geomedium layer in stick-slip displacement of the base. Physical Mesomechanics. 2013. Vol. 16. no 5. pp. 41 — 52.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тагильцев Сергей Николаевич[1] — докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, tagiltsev@k66.ru
Чередниченко Андрей Васильевич[1] — инженер-гидрогеолог, кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии,
Мельник Виталий Вячеславович[2] — канд. техн. наук, заведующий отделом геомеханики, melnik@igduran.ru,
[1] Уральский государственный горный университет, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30.
[2] Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), 620075 г. Екатеринбург, ГСП-219, Мамина-Сибиряка 58.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tagil'cev S.N.[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor, head of the Department of hydrogeology, engineering Geology and Geoecology, tagiltsev@k66.ru,
Cherednichenko A.V.[1], hydrogeological engineer, Department of hydrogeology, engineering Geology and Geoecology,
Melnik V.V.[2], Cand. Sci. (Eng.), head of geomechanics Department, melnik@igduran.ru,
[1] Ural state mining University, 620144, Yekaterinburg, Russia,
[2] The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 620075, Ekaterinburg, Russia.

Получена редакцией 21.11.2019; получена после рецензии 21.01.2020; принята к печати 20.03.2020.
Received by the editors 21.11.2019; received after the review 21.01.2020; accepted for printing 20.03.2020.