

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ РЕЗЕРВУАРОВ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ДОЛИНЕ РЕКИ ТЕБЕРДА

Борис Алексеевич Канарейкин

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела региональной сейсморазведки, тел. (383)222-11-77

Елена Юрьевна Гошко

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела региональной сейсморазведки, тел. (383)230-04-98, e-mail: goshco@mail.ru

Евгений Вячеславович Мосягин

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, зав. лабораторией комплексной обработки сейсмических данных, тел. (383)221-88-66

Александр Сергеевич Сальников

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, доктор геолого-минералогических наук, зав. отделом региональной сейсморазведки, тел. (383)222-62-13, e-mail: sas@sniiggims.ru

Александр Владимирович Сагайдачный

АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 67, ведущий инженер отдела региональной сейсморазведки, тел. (383) 222-07-29, e-mail: dachny@sniiggims.ru

В долине реки Теберда (Карачаево-Черкесская Республика) были проведены инженерно-сейсмические исследования верхней части геологического разреза для уточнения пространственных границ месторождения подземных вод в палеоврезе реки, перспективном объекте на воду по результатам предшествующих поисковых работ.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, сейсмическая станция РОСА[®], продольные преломленные и отраженные волны, сейсмотомография, зона малых скоростей, четвертичные отложения, водоносный горизонт, р. Теберда.

ENGINEERING-SEISMIC STUDIES IN ESTIMATING UNDERGROUND POTABLE WATER RESERVOIRS IN THE TEBERDA RIVER VALLEY

Boris A. Kanareikin

«Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources» JSC, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Ph. D., Leading Researcher, Department of Regional Seismic Survey, tel. (383)222-11-77

Elena Yu. Goshko

«Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources» JSC, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Ph. D., Leading Researcher, Department of Regional Seismic Survey, tel. (383)230-04-98, e-mail: goshco@mail.ru

Evgeniy V. Mosyagin

«Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources» JSC, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Head of Seismic Processing Laboratory, Geoinformation Center, tel. (383)221-88-66

Aleksandr S. Salnikov

«Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources» JSC, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Doctor of Science, Head of Department of Regional Seismic Survey, tel. (383)222-62-13, e-mail: sas@sniiggims.ru

Aleksandr V. Sagaidachny

«Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources» JSC, 630091, Russia, Novosibirsk, 67 Krasny Prospect, Leading Engineer, tel. (383)222-07-29, e-mail: dachny@sniiggims.ru

Engineering-seismic studies of the shallow subsurface in the Teberda River valley (Karachay-Cherkess Republic) were carried out with the aim to rectify spatial boundaries of ground-water deposits in the river paleocut, being a promising target for water by the results of previous prospecting.

Key words: engineering seismology, ROSA[®] seismic station, longitudinal refracted and reflected waves, seismic tomography, low-velocity zone, Quaternary deposits, aquifer, Teberda R.

В настоящее время особого внимания требует решение вопроса о снабжении населения доброкачественной питьевой водой. В ряде районов Российской Федерации данная проблема стоит достаточно остро. В 2016 г. в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН было проведено совещание по проблеме гидрогеологии и качества питьевой воды (<https://union.nsu.ru/news/category/science/>), на котором отмечалось, что в Новосибирской области есть районы, где питьевой воды недостаточно.

Схожие проблемы возникают и в других районах России. В частности, это относится к территории Карачаево-Черкесской Республики, где 46 % населения используют питьевую воду, не отвечающую санитарно-эпидемиологическим требованиям. В 2016 г. АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (далее – АО «СНИИГГиМС») по заданию АО «Росгеология» выполнило инженерно-сейсмические исследования в высокогорной долине р. Теберда (Карачаево-Черкесия) с целью поиска участков палеодолин (переуглублений), сложенных грубообломочными и песчаными водонасыщенными отложениями. В долине р. Теберда водонасыщенные грунты представлены аллювиальными, аллювиально-флювиогляциальными и флювиогляциальными комплексами четвертичного возраста. Ложе долины р. Теберда на изучаемом участке сложено терригенными породами средневерхнедевонского – нижнепермского возраста (D_{2-3} – P_1). Глубина залегания кровли коренных пород на участках переуглублений долины достигает 100 м и более.

Для решения поставленной задачи при сейсмических работах применялся метод ОГТ, позволяющий использовать при обработке материала отра-

женные и преломленные волны. Профильные сейсмические наблюдения выполнены с использованием симметричной расстановки из 97 каналов на длину 192 м. Шаг наблюдений – 2 м, расстояние между пунктами возбуждения колебаний – 4 м.

Инженерно-сейсмические работы выполнялись телеметрической сейсмостанцией РОСА® (Россия, АО «СНИИГГиМС») [1]. Длительность сейсмозаписи – 2 с, шаг дискретизации – 1 мс. Наблюдения выполнялись на Z-компоненте с использованием приборов GS-20DX. Применено ударное возбуждение колебаний кувалдой весом 6 кг с 4–6-ю накоплениями воздействий. Работы выполнены по двум профилям, расположенным на левобережье (Профиль 1) и правобережье (Профиль 2) р. Теберда около пос. Верхняя Теберда. Общая длина профилей – 630 м. Профиль 1 расположен в предгорье и пойме р. Теберда, Профиль 2 пересекает две надпойменные террасы. На всех сейсмограммах получены четкие сейсмозаписи первых вступлений продольных (P) прямых преломленных волн. Преобладающая частота записи находилась в пределах 90-120 Гц. Во вторых вступлениях во многих случаях уверенно выделялась низкочастотная поперечная (S) волна (рис. 1).

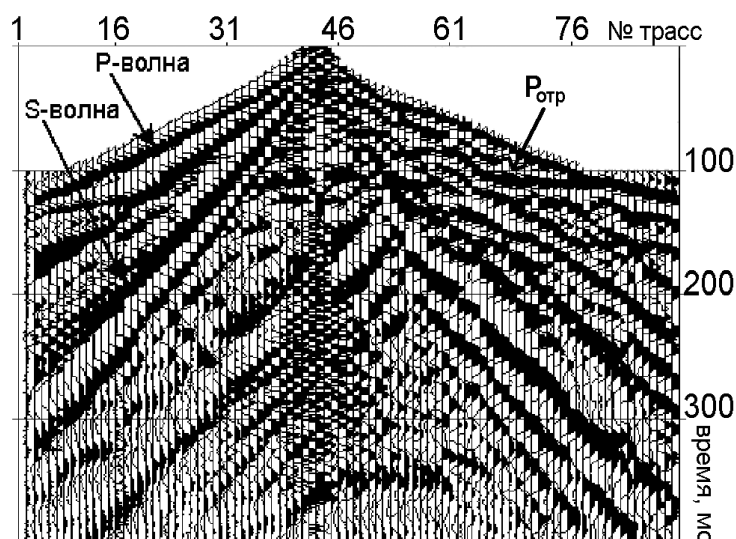


Рис. 1. Прослеживание P - и S -волн на сейсмограмме

Для решения поставленной задачи были применены различные способы анализа волнового поля и построения сейсмических разрезов. Методика полевых работ позволила получить информацию как по преломленным волнам, так и по отраженным волнам, что дало возможность достичь более детального расчленения разреза четвертичных отложений, определить наиболее перспективные участки разреза в отношении их водонасыщенности. Построение сейсмических разрезов с использованием продольных преломленных волн проводилось: 1) способом послойной интерпретации годографов первых вступлений с использованием значений t_0 и V_p для каждого из выделенных по годографам

слоев [2]; 2) с использованием программного комплекса ProMaxSeisSpace 5000 и модуля «RefractionStaticsCalculation», вычисляющего скорость в преломляющем слое и времена запаздывания.

В результате этих построений были выделены две сильные преломляющие границы. Первая из них связана с подошвой зоны малых скоростей (граница I), вторая – с кровлей первого водоносного горизонта (граница ПГВ). Преломляющая граница ПГВ характеризуется граничной скоростью 2300 м/с–2600 м/с. Такие значения скорости соответствуют водонасыщенным валунно-галечно-гравийным отложениям с песчаным или глинисто-песчаным заполнителем [3]. На Профиле 2 границу ПГВ по данным преломленных волн удалось проследить только в его начальной части. В пределах второй террасы преломленная волна от этого горизонта в первые вступления не вышла. Поверхность водоносного горизонта для этой части профиля была прослежена по разрезу ОГТ. Разрезы ОГТ на продольных отраженных волнах построены с использованием стандартного графа обработки сейсмических материалов в программном комплексе ProMaxSeisSpace 5000. Разрезы ОГТ позволили получить наиболее полное представление о строении четвертичных отложений долины р. Теберда. В результате комплексной обработки сейсмических материалов с привлечением продольных преломленных и отраженных волн была получена геолого-геофизическая модель четвертичных отложений в пределах палеовреза долины р. Теберда (рис. 2).

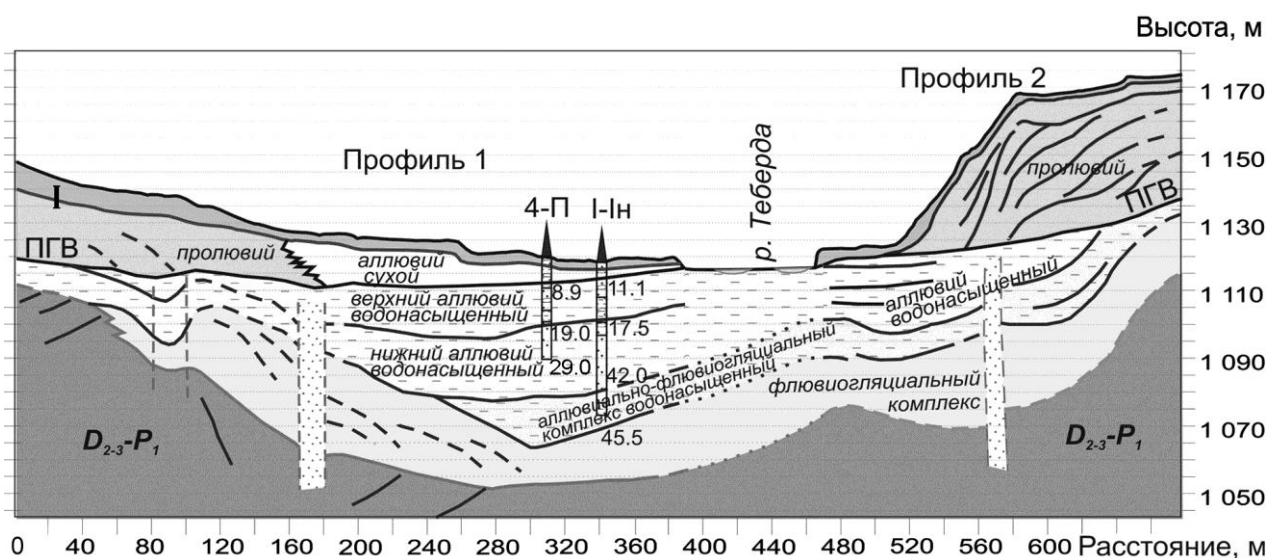


Рис. 2. Сводный геолого-геофизический разрез по профилям 1 и 2. Верхнетебердинский участок

В пределах палеовреза ниже уровня грунтовых вод (граница ПГВ) выделяется несколько литологических комплексов. По привязке к скважинам 4-П и 1-1н горизонт ПГВ является кровлей верхнего аллювиального комплекса. Этот комплекс следует отнести к наиболее перспективной гидрогеологической струк-

туре. Подошвой верхнего аллювиального комплекса служит двух-трехметровый пласт глин. Этот же пласт глин является кровлей нижнего аллювиального комплекса, сложенного песками с включениями гальки, который следует рассматривать как перспективный в отношении водоносности. Ниже аллювиальных комплексов с некоторой долей условности выделяются аллювиально-флювиогляциальный и флювиогляциальный комплексы. Эти комплексы также являются водоносными, но степень их обводненности понижена в сравнении с аллювиальными комплексами. Сейсмофациальный анализ данных ОГТ позволил также установить кровлю коренных пород.

С целью более объективной оценки характера водонасыщенности четвертичных отложений были выполнены сейсмотомографические построения с использованием годографов продольных волн в первых вступлениях и рефрагированных поперечных волн в последующих вступлениях [4]. Сейсмотомографический разрез по параметру V_p (скорость продольных волн) подтвердил разделение толщи четвертичных отложений на низкоскоростную ($V_p = 400\text{--}900$ м/с) и высокоскоростную ($V_p > 1700$ м/с) области. При этом низкоскоростная область расположена выше преломляющего горизонта ПГВ. Сейсмотомографический разрез по параметру V_s/V_p (отношение скорости поперечной волны к продольной) позволил получить представление о характере водонасыщенности четвертичных отложений (рис. 3).



Рис. 3. Сводный томографический разрез по параметру V_s/V_p по профилям 1 и 2. Верхнетебердинский участок

Наиболее водонасыщенными оказались аллювиальные отложения (верхний и нижний комплексы), расположенные в пойменной части разреза ($V_s/V_p \leq 0.2$). В пределах предгорья и надпойменных террас также отмечаются локальные обводненные зоны, однако степень их водонасыщенности оценивается ниже, чем в пойменной части р. Теберда.

Выполненные сейсмические наблюдения позволили установить основные черты строения четвертичных отложений долины р. Теберда и оценить характер водонасыщенности выделенных литологических комплексов. Работами показана целесообразность комплексной интерпретации сейсмических данных на преломленных и отраженных волнах при работах по оценке резервуаров подземных вод в условиях сложнопостроенных горных речных долин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сейсмическая система сбора данных на основе регистраторов семейства РОСА / О.М. Сагайдачная, А.В. Сагайдачный, А.С. Сальников, А.Н. Шмыков // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 8. – С. 77–81.
2. Метод преломленных волн / А.М. Епинатьева, Г.М. Голошубин и др.– М.: Недра, 1990. – 297 с.
3. Методические рекомендации по определению состава, состояния и свойств грунтов сейсмоакустическими методами. – М.: Главтранспроект, 1985.
4. Канарейкин Б.А., Сагайдачная О.М., Дунаева К.А. Сейсмотомография верхней части разреза Восточно-Камчатского прогиба // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 2. – С. 31–35.

© Б. А. Канарейкин, Е. Ю. Гошко, Е. В. Мосягин,
А. С. Сальников, А. В. Сагайдачный, 2017