

Караев Н.А., Лукашин Ю.П., Рабинович Г.Я., Ронин А.Л.
(ФГУНПП «Геологоразведка»)

**СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СЕЙСМОРАЗВЕДКИ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНО-
ЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ СРЕД
РУДНЫХ РАЙОНОВ**

*Рассмотрены основные этапы становления и развития впервые созданной в нашей стране сейсморазведки сложнопостроенных сред применительно к прогнозам и поискам месторождений твердых полезных ископаемых. Показана большая роль предприятия и его специалистов: в разработке физических основ метода; создании нового наиболее общего класса гетерогенных сейсмических моделей, адекватных геологическим моделям сложнопостроенных сред рудных районов и кристаллической земной коры; в разработке и внедрении аппаратно-технических средств, технологий и методик полевых работ; обработке и интерпретации получаемых данных. Сделан вывод о наличии реальных возможностей для восстановления сейсморазведки в общем комплексе геолого-геофизических работ на твердые полезные ископаемые на новом технико-технологическом и методическом уровнях. **Ключевые слова:** рудная сейсморазведка, сложнопостроенные среды, рудные районы, земная кора, гетерогенные сейсмические модели, отраженно-рассеянные волны.*

Karaev N.A., Lukashin Yu.P., Rabinovich G.Ya., Ronin A.L. (Geologorazvedka)

**THE STATE AND PROSPECTS OF SEISMIC BASED ON
MODERN TECHNOLOGIES THE STUDY OF COMPLEX
BUILD ENVIRONMENT ORE DISTRICT**

*There have been considered the main stages of formation and development of the first established in the country of complex seismic environments for projections and the search for deposits of solid minerals. There is a large part of the enterprise and its employees has been shown: the development of the physical basis of the method; creation of a new more general class of heterogeneous seismic models, adequate models of complex geological environments of ore districts and crystal earth's crust; in the development and implementation of hardware and technical equipment, technologies and techniques of field work; processing and interpretation of the data. There was concluded that there were real opportunities to recover seismic in the whole complex of geological-geophysical operations for solid minerals at the new technical and technological and methodological levels. **Keywords:** Seismic survey of complex environments, ore districts, the earth's crust, heterogeneous seismic model, reflected-scattered waves.*

В начале 1960-х годов в связи с резким сокращением фонда легко открываемых рудных месторождений возникла проблема поисков глубокозалегающих рудных объектов. Перед сейсмическим методом были выдвинуты новые задачи, связанные со структурным картированием рудоперспективных площадей [9]. Для решения сложных проблем рудной сейсморазведки были привлечены научно-исследовательские и производственные организации МинГео СССР, институты АН СССР, а также специализированные лаборатории ву-

зов. Роль головной организации МинГео СССР была отведена ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт разведочной геофизики им. А.А. Логачева» (ВИРГ).

Сейсмический метод отраженных волн. В начальный период практически одновременно в крупных металлогенических провинциях: Рудный Алтай (Н.А. Караев, В.Н. Тростников), Балтийский щит (И.В. Литвиненко, К.А. Некрасова) впервые в мировой практике были зарегистрированы отраженные волны, связанные с консолидированными породами, нетрадиционными для сейсморазведки. Учитывая чрезвычайную важность проблемы и ее значимость при изучении принципиально нового класса сейсмических моделей методом отраженных волн, приведем фрагменты из письма Н.Н. Пузырева к директору ВИРГа В.В. Алексееву: «...В последних числах марта я находился в Ленинграде и знакомился в Вашем институте с сейсмическими материалами отраженных волн, полученными в 1962 году Н.А. Караевым в районе Зырянска. Они произвели на меня весьма сильное впечатление. Насколько я знаю, равные по четкости материалы МОВ в горных районах нигде ранее не были получены. Исследования подобного рода, как мне представляется, должны в ближайшем будущем иметь большое значение, с одной стороны, как региональные при поисках рудных месторождений, а с другой — как надежная база для общетеоретических построений в рудной геологии...». Заключение Н.Н. Пузырева имело решающее значение в определении дальнейшего направления работ ВИРГа и явилось серьезной заявкой на постановку (под руководством Н.А. Караева) широкомасштабных научных и экспериментальных исследований по дальнейшему развитию физических основ и технологии метода отраженных волн (МОВ) в решении разнообразных проблем рудной сейсморазведки. Работы МОВ проводились с целью уточнения структурно-тектонического строения рудных районов, выделения и прослеживания рудоконтролирующих структур в осадочных и эффузивно-осадочных складчатых комплексах пород, обнаружения и глубинного картирования рудоконтролирующих разломов, объемного картирования интрузий и определения пространственного положения рудоносных внутриинтрузивных зон, локализации и изучения морфологии дифференцированных интрузий и пр.

Опробование и развитие МОВ в рудных районах происходило в условиях относительно низкого технологического уровня сейсморазведки — освоения первых аналоговых сейсмостанций с промежуточной магнитной записью. В этот период в ВИРГе были созданы первые аналоговые устройства обработки сейсмограмм МОВ с реализацией различных процедур суммирования, в том числе и метода вычитания помех по алгоритму С. Нахамкина. Аналоговые устройства были встроены в модернизированную предприятием первую отечественную станцию с промежуточной магнитной записью СМ-57 (А.Е. Бирман, Н.Я. Марголис). Разработка ВИРГа в последующем была реализована в Саратовском ОКБ при создании отечественных систем аналоговой обработки сейсмической информации.

В конце 1960-х годов в ВИРГе были начаты теоретические исследования по разработке методологии ви-

брационной сейсморазведки (Ю.П. Лукашин), результаты которых завершились созданием на заводе «Казгеофизприбор» первого отечественного оригинального вибросейсмического комплекса **ВСК-1**, а в последующем **ВСК-2** (Ю.П. Лукашин, Л.Г. Козлов). Было выпущено 20 комплектов аппаратуры и начато внедрение ее в рудных районах при изучении глубин до 1–1,5 км. Созданные теоретические основы и технологии вибрационной сейсморазведки подтверждены 46 авторскими свидетельствами. В 1969 г. издана монография «Сейсморазведка на непрерывных волнах» [4], а в 1981 г. — «Методические рекомендации по применению комплекса ВСК-1» [12].

В начале 1980-х годов произошло технологическое перевооружение отечественной сейсморазведки современными цифровыми станциями с широким внедрением невзрывных источников возбуждения упругих колебаний и многократных систем наблюдений ОГТ при полном переводе метода на цифровую обработку сейсмической информации. С внедрением новых сейсмических технологий в рудных районах существенно повысился общий уровень и достоверность сейсмической информации. География районов, освоенных рудной сейсморазведкой расширилась. При этом лидирующее положение продолжал занимать метод отраженных волн. Были разработаны и внедрены в производство различные модификации и технологии методов наземных и скважинных наблюдений. Опытно-методические и производственные работы ВИРГа были проведены в 15 основных металлогенических провинциях России и стран СНГ: Карело-Кольский регион, Центральные районы, Беломорье, Урал, Норильск, Западная Якутия, Северный Восток, Приморье, Кавказ, Казахстан, Узбекистан. При поисках железа, никеля, полиметаллов, меди, бокситов, алмазов, золота, апатита и других полезных ископаемых ВИРГ являлся участником международных проектов со странами СЭВ [9].

К числу наиболее ярких примеров успешного применения рудной сейсморазведки при прогнозных и поисковых работах можно отнести результаты работ, полученные: на полиметаллических месторождениях Рудного Алтая (Н.А. Караев, В.И. Тростников и др.); медно-никелевых месторождениях в Печенгском горнорудном районе (И.В. Литвиненко и др.) и в Норильском горнорудном районе (О.И. Калинин и др.); на хромитососных залежах в Кимперсайском массиве в Казахстане (Л.А. Певзнер, В.А. Циммер и др.) и Бураковско-Аганозерском (Анкудинов, О.И. Прокатор) в восточной Карелии; в алмазососных районах Западной Якутии и Беломорья (О.И. Калинин и др.); при картировании апатиторудных залежей Хибинского массива (А.Л. Ронин и др.); при глубинном картировании рудоконтролирующих разломов в Золоторудной Калбе (Г.А. Гречишников, В.И. Шаров и др.); при глубинном картировании бокситорудных залежей, связанных с древними корами выветривания. Значительные результаты получены при картировании рудосодержащих пластов железо-марганцевых и свинцово-цинковых стратиформных месторождений, а также зон медного оруденения в Казахстане и пр.

Многообразие изучаемых сред и задач, решаемых рудной сейсморазведкой при различной глубине и детальности освещения разреза, определили основные направления исследований ВИРГа, связанные с созданием новых и усовершенствованием существующих технологий большого набора сейсмоакустических методов и их модификаций в широком диапазоне сейсмических частот.

Метод акустического каротажа (АК). Одним из таких важнейших направлений в развитии физических основ рудной сейсморазведки является метод акустического каротажа (АК). ВИРГом впервые были созданы скважинные приборы АК малого диаметра для рудных и угольных скважин \varnothing 60, 48 и 36 мм (А.Л. Перельман), положенные в основу широкомасштабных детальных работ АК, связанных с изучением скоростных характеристик горных пород во многих скважинах (свыше 300 м) в самых разнообразных рудных провинциях. В течение многих лет были накоплены, не имеющие мировых аналогов, уникальные данные скоростных характеристик (V_p , V_s) кристаллических и вулканогенно-осадочных метаморфических пород как в рудных скважинах, так и в глубоких и сверхглубоких скважинах (Г.Я. Рабинович) Установлен широкий диапазон изменения скоростей (V_p , V_s) и отношения скоростей (γ) разнообразных горных пород в зависимости от минералогического состава, структурно-текстурных особенностей среды, различной степени метаморфизации пород, возраста, глубины залегания, температур и пр. По существу, накоплен банк уникальных данных упругих характеристик горных пород, играющих решающую роль при обосновании и построении сейсмических моделей верхних частей земной коры, оценки факторов, влияющих на формирование и закономерность распространения волновых полей [8].

Метод вертикального сейсмического профилирования (ПМ ВСП). Фундаментальное значение в решении разнообразных проблем, связанных с изучением сути сейсмического процесса и влиянием среды на природу наблюдаемых волновых явлений, имеет развитие в ВИРГе поляризационного метода вертикального сейсмического профилирования, созданного Е.И. Гальпериным. Для выполнения азимутальных наблюдений ПМ ВСП в рудных скважинах малого диаметра в ВИРГе с участием завода «Геологоразведка» (В.Д. Королев) была разработана скважинная аппаратура с малогабаритными датчиками. В 1970 г. была создана и внедрена оригинальная уникальная многофункциональная система векторной обработки данных вертикального сейсмического профилирования ПМ ВСП «Азимут» (И.А. Быков, И.М. Тихонова), получившая высокую оценку на международном уровне [1]. Результаты метода сыграли существенную роль в развитии физических основ сейсморазведки в рудных районах, определении природы и условий распространения сейсмических волн в реальных средах. Эти данные в сочетании с данными метода АК явились основой построения эффективных сейсмических моделей разнообразных геологических объектов, в том числе рудоносных.

Векторная модификация ПМ ВСП в рудных районах сформировалась как самостоятельное и единственное

направление скважинной структурной геофизики, благодаря ее высокой избирательности по направлению распространения сейсмических волн, селективности при разделении сложных волновых полей по признаку поляризации. Все это определило универсальность и бесспорные преимущества ПМ ВСП при реализации различных модификаций многоволновой и высокоразрешающей сейсморазведки в объемном изучении неоднородных целевых объектов околоскважинного и межскважинного пространств. Важно отметить решающую роль обменных и поперечных волн при изучении разнообразных геологических объектов в околоскважинном пространстве. Данные ПМ ВСП, подтвержденные заверочным бурением, во многих случаях сыграли значительную роль при решении поисково-разведочных задач. Так, по результатам многоволновых наблюдений ПМ ВСП, проведенных на ряде месторождений Хибинского массива, в околоскважинном пространстве было установлено положение продуктивной толщи апатитовых руд, а сам метод ПМ ВСП был включен в состав обязательного комплекса работ на апатит Хибинского массива (А.Л. Ронин).

По результатам внедрения ПМ ВСП совместно ИФЗ АН СССР с ВИРГом были созданы «Методические рекомендации по применению поляризационного метода в рудных районах» [2].

Методы сейсмического просвечивания. Самостоятельное направление при решении разнообразных геологических задач в широком диапазоне исследования — от сверхдетальных шахтно-рудничных исследований до глубинного изучения земной коры представляют собой методы сейсмического просвечивания (МСП). Одной из важнейших и наиболее доступных задач МСП в рудных районах является прогнозирование и локализация в пространстве целевых геологических объектов. В зависимости от направления исследований в рудных районах реализовано два вида сейсмического просвечивания: прямое (межскважинное, межшахтное) и реверсивное при наземных наблюдениях.

В 1980-е годы в ВИРГе, КазВИРГе, ЛГУ впервые были созданы алгоритмы и системы томографической обработки данных метода сейсмического просвечивания (П. Дитмар, Ю. Рослов, В. Корнеев, В. Константинов, Д. Калинин и др.). Это позволило на новом технологическом уровне реализовать метод рефрагированных волн при просвечивании Кимперсайского массива с локализацией хромитовых залежей (КазВИРГ) [13] и локализовать с помощью межскважинного просвечивания рудные залежи и зоны трещиноватости пород на Урале (ВИРГ) [7]. Были проведены первые работы по апробации алгоритма томографической обработки данных при реверсивном просвечивании кимберлитовых трубок в поле отраженных волн (Д. Калинин, О. Калинин).

К концу 1980-х годов свыше 90 % от общего объема сейсморазведочных работ в рудных районах проводилось методом отраженных волн 26 организациями Мингео СССР. По результатам работ в 1982 г. была издана монография «Сейсмический метод отраженных волн в рудных районах» [6].

За рубежом сейсмический метод в рудных районах стал применяться только спустя три десятилетия после

создания и внедрения сейсморазведки методом отраженных волн в рудных районах СССР в 1990-е годы при решении прогнозно-поисковых задач на сульфидные руды, медь, золото, уран, бокситы, алмазы и пр. [9]. Работы выполнялись на современном технологическом уровне с применением новейших технических средств получения и обработки сейсмической информации, что позволило получить хорошие результаты. К наиболее значительным из них могут быть отнесены результаты сейсморазведочных работ МОВ при поисках сульфидных залежей на Канадском щите. В пределах крупнейшего зеленокаменного пояса изучены рудоконтролирующие структуры, а в отдельных случаях прослежены рудоносные горизонты вулканогенных комплексов. К значительным достижениям могут быть отнесены также результаты исследований, проведенных с применением высокочастотной 3D-модификации сейсмического метода при объемной локализации в пределах массива Sudbury глубокозалегающей рудной залежи плотных сульфидов. Использование МОВ для картирования структур, контролирующих рудоносные горизонты, при поисках глубокозалегающих месторождений золота, платины и цветных металлов способствовало открытию новых месторождений в Южной Африке.

Сорокалетний период рудной сейсморазведки, начало которого было положено ВИРГом, завершился созданием в 2000 г. монографии «Рудная сейсморазведка» [8], которая была удостоена специального диплома Российского геологического общества. По существу, это был отчет о работе многих коллективов, которыми создавалась сейсморазведка в рудных районах.

В период реформ 1990-х годов объемы геофизических работ на твердые полезные ископаемые резко снизились. Существенно нарушилась и стадийность работ. Исчезла стадия региональных геолого-геофизических исследований и была утеряна их связь с получаемыми результатами поисковых и поисково-оценочных работ, оставшихся «в обойме» ГРР на твердые полезные ископаемые. В результате сложившегося положения эффективность проводимых геофизических работ и их роль в геологоразведочном процессе на твердые полезные ископаемые существенно снизилась, а все работы практически сосредоточились только в относительно хорошо изученных районах вблизи известных месторождений. В этих условиях произошел фактически полный «обвал» в области рудной сейсморазведки, который в значительной степени сохраняется по настоящее время.

Теоретико-модельные исследования развития физических основ сейсморазведки сложнеоднородных сред. В то же время в ВИРГе продолжались теоретико-модельные исследования развития физических основ нетрадиционной сейсморазведки сложнеоднородных сред, результаты которых нашли свое применение при изучении глубинного строения консолидированной коры на опорных профилях в составе комплекса геофизических методов. Именно для решения проблемы детализации сложнеоднородных внутрикоровых структурно-тектонических комплексов в состав сейсмических методов глубинных исследований земной коры и был включен метод МОВ ОГТ.

Автоматический перенос традиционных методик нефтяной сейсморазведки горизонтально-слоистых сред при глубинном изучении кристаллической коры естественно привел к необходимости решения проблемы обоснования применяемых и вновь создаваемых технологий получения и обработки сейсмических данных с позиций распространения сейсмических волн в новом классе моделей.

Решение новых задач сейсморазведки сопровождалось усовершенствованием представлений о сейсмических моделях реальных сред. По мере накопления сведений о пространственном распределении упругих параметров горных пород и волновых полей, наблюдаемых в сложнеоднородных метаморфических и изверженных толщах пород, произошли коренные изменения в представлениях о сейсмических моделях верхних и глубоких частей земной коры. Основой в развитии нетрадиционных представлений о моделях подобных сред явился созданный принципиально новый наиболее общий класс сейсмических моделей гетерогенного типа [3]. Гетерогенные модели получили широкую поддержку в среде «региональных» сейсморазведчиков (И.П. Косминская, Н.И. Павленкова и др.). Знаменательным явилось положительное восприятие идеи аппроксимации неоднородного строения земной коры гетерогенными сейсмическими моделями на крупном международном форуме (Ялта, 1978) [14, 15].

Таким образом, постановкой в широких масштабах глубинных сейсмических наблюдений на крупных геотраверсах методом отраженных волн в модификации МОГТ, предложенный и развиваемый в рудной сейсморазведке класс гетерогенных моделей, получил широкое признание при аппроксимации неоднородных структур консолидированной земной коры. Экспериментальными полевыми наблюдениями в сопоставлении с накопленными данными сейсмического моделирования было установлено, что практически повсеместно основная информация о сейсмической гетерогенности земной коры по наблюдениям МОГТ связана с полем рассеянных волн. В последующем это было положено в основу построения общей концепции обработки и интерпретации поля рассеянных волн с выделением разноранговых структурных элементов земной коры.

Введение в рассмотрение нового нетрадиционного класса моделей сопровождалось исследованиями распространения рассеянных волн методами ультразвукового сейсмического моделирования, на созданной в ВИРГе аналогово-цифровой установке. Данные моделирования в сочетании с реальными наблюдениями на первом этапе были обобщены в монографии «Атлас сейсмических моделей и волновых полей рудных районов» [7].

В 2016 г. многолетние исследования ВИРГа по развитию основ нетрадиционной сейсмики завершились созданием монографии «Сейсмическая гетерогенность земной коры в изображениях поля рассеянных волн» [11], в которой в изображениях поля разномасштабного рассеяния приведены сейсмические образы адекватных самым разнообразным геосейсмическим моделям земной коры различных иерархических уровней.

Аппроксимация земной коры гетерогенными сейсмическими системами — это путь к разрешению противоречий между методами ОГТ и ГСЗ в существующей многозначной интерпретации данных глубинных сейсмических построений. Изучение земной коры с позиции сейсмической гетерогенности позволит повысить достоверность геологической интерпретации сейсмических построений, устанавливающих связь между внутрикоровыми структурами и верхними структурно-тектоническими комплексами. Свод данных геосейсмических моделей земной коры может иметь значение при обработке и геологической интерпретации данных сейсморазведки на опорных профилях, а также при создании новых (альтернативных) подходов к обработке и интерпретации сейсмической информации.

Физическое моделирование порово-трещиноватых систем. Проводимые ВИРГом многолетние исследования, связанные с развитием метода ультразвукового физического моделирования, завершились созданием и апробацией уникальной системы объемного физического моделирования для исследования признаков диагностики коллекторов углеводородов и тестирования современных сейсмических технологий при решении поисковых задач [10]. Новизна созданных (при поддержке грантов РФФИ) способов и методов исследований подтверждены тремя патентами РФ:

разработаны и апробированы новые оригинальные конструкции объемных фрагментарных физических моделей трещиноватых и порово-трещиноватых систем, наиболее приближенные к реальным типовым объектам залежи. Оригинальность предложенных конструкций обеспечивает возможность имитации гидравлической связи вертикальной трещиноватости с матричной пористостью с широкой вариацией параметров трещин при различных режимах газо- и флюидонасыщения пустотного пространства;

создана объемная твердотельная составная модель, ключевой особенностью которой является возможность включения и замены блоков фрагментарных моделей трещинных и порово-трещинных объектов с заданными параметрами трещин для тестирования, применяемых и вновь создаваемых современных сейсмических технологий при сопровождении поисковых работ как на этапе проектирования ГРП, так и в процессе оптимизации методики наблюдений при поисках коллекторов.

Заключение

1. Успешное проведение сейсморазведки в рудных районах было достигнуто в результате разработки и внедрения в производство новых технологий во всех рудных районах страны, проводившееся при методическом сопровождении со стороны специалистов предприятия. В процессе проведения исследований за этот период были защищены 4 докторских и 15 кандидатских диссертаций. Результаты работ опубликованы в многочисленных монографиях, получено свыше 60 авторских свидетельств.

2. Несмотря на успешное применение рудной сейсморазведки в СССР, объемы этих работ в период реформ 1990-х годов были существенно снижены. По существу произошел полный «обвал» метода, что па-

губно сказалось на эффективности рудной геофизики при поисках рудных месторождений в России на фоне все возрастающего интереса к рудной сейсморазведке в зарубежных странах.

3. Возрождение рудной сейсморазведки в России находится в прямой зависимости от правильной организации работ [9]. Включение сейсморазведки в общий комплекс геофизических методов при поисках рудных месторождений является важнейшим условием повышения эффективности комплексирования методов на различных стадиях региональных и поисковых исследований.

4. С учетом накопленного опыта сейсморазведки в рудных районах, а также возможностью оснащения сейсморазведки самыми последними сейсмическими технологиями, в том числе современными вычислительными комплексами, которыми располагает РФ, имеется реальная возможность восстановить метод в общем комплексе геолого-геофизических методов при решении рудопоисковых задач на более высоком технологическом уровне.

5. Реализация сейсморазведки в рудных районах на современном уровне позволит перейти к новому этапу решения задач структурного контроля рудных месторождений с возможностью прогноза вещественного состава горных пород и, в конечном итоге, перейти к решению проблемы прямых поисков и диагностики рудных залежей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков, И.А. Алгоритмы цифровой обработки трехкомпонентных скважинных наблюдений / И.А. Быков, И.М. Тихонова // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. — Л.: Наука, 1980. — Вып. XX. — С. 135 — 155.
2. Гальперин, Е.И. Методические рекомендации по применению поляризационного метода сейсмической разведки / Е.И. Гальперин, Л.А. Певзнер, Н.А. Караев и др. — Алма-Ата: МГСССР, 1984.

3. Гельчинский, Б.Я. Теоретико-модельные исследования волновых полей, образующихся в гетерогенных системах / Б.Я. Гельчинский, Н.А. Караев, Л.Д. Коган // Региональная, разведочная и промысловая геофизика. — ВИАМС, 1977. — № 11. — 35 с.
4. Гродзянская, Т.М. Сейсморазведка на непрерывных волнах / Т.М. Гродзянская, Ю.П. Лукашин // Нефтегазовая геология и геофизика — М.: ВНИИОЭНГ, 1969. — 80 с.
5. Дитмар, П.В. Использование лучевой томографии в задачах рудной сейсморазведки. Геология и Геофизика / П.В. Дитмар, Ю.П. Миньшиков и др. — Новосибирск: Наука, 1990.
6. Караев, Н.А. Сейсмический метод отраженных волн в рудных районах. Методическое руководство / Н.А. Караев, Ю.П. Лукашин, Г.Я. Рабинович и др. / Под ред. И.П. Косминской. — Л.: Недра, 1982. — 308 с.
7. Караев, Н.А. Атлас сейсмических моделей и волновых полей рудных районов / Н.А. Караев, Г.Я. Рабинович / Под ред. И.П. Косминской. — СПб.: ВИРГ, 1995. — 165 с.
8. Караев, Н.А. Рудная сейсморазведка / Н.А. Караев, Г.Я. Рабинович. — М.: Геоинформмарк, 2000. — 366 с.
9. Караев, Н.А. Становление и пути развития рудной сейсморазведки / Н.А. Караев // Технологии сейсморазведки. — 2007. — № 4.
10. Караев, Н.А. Физическое моделирование порово-трещинных объектов с возможностью тестирования сейсмических технологий / Н.А. Караев, Г.Н. Караев, Ю.П. Лукашин, О.М. Прокатор // Технологии сейсморазведки. — 2010. — № 3. — С. 96–104.
11. Караев, Н.А. Сейсмическая гетерогенность земной коры в изображениях поля рассеянных волн / Н.А. Караев, Ю.П. Лукашин. — М.: «ЕАГЕ Геомодель», 2016. — 160 с.
12. Лукашин, Ю.П. Методические рекомендации по применению комплекса вибросейсмической аппаратуры ВСК-1 / Ю.П. Лукашин, Ю.Г. Щерба и др., 1981.
13. Певзнер, Л.А. Сейсмическое просвечивание сложных сред / Л.А. Певзнер, В.Л. Покидов, В.А. Циммер. — Алма-Ата, 1984.
14. Gelcinsri, B. Theoretical and model investigation waves scattered by quasithien bodies of arbitrary shape / B. Gelcinsri, N. Karaev // AnnmGeophys. — 1980. — Т. 36. — fasc 4.
15. Gelcinsri, B. Heterodeneons seismic models formed by inclesions of wave fields in them / B. Gelcinsri, N. Karaev // AnnmGeophys. — 1980. — Т. 36. — fasc 4.

© Коллектив авторов, 2016

Караев Назим Алигейдарович // nazim_karaev@mail.ru
Лукашин Юрий Петрович // 1932-luk@bk.ru
Рабинович Григорий Яковлевич
Ронин Аркадий Львович // geo@geolraz.com

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.31

Годин В.Ю. (ООО «АКВАЛАЙН», ООО «КАРЕЛА»)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННАЯ ПИТЬЕВАЯ ВОДА ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАД- СКОЙ ОБЛАСТИ

Согласно принятой методологии дан анализ отечественной и зарубежной литературы в области оценки влияния водного фактора на здоровье человека, изучены свойства невской воды и проведен ее сравнительный анализ с подземными питьевыми водами Санкт-Петербурга и Ленинградской области, дана оценка питьевым водам Санкт-Петербурга, изучены и исследованы региональные геохимические особенности и ресурсы подземных питьевых вод. По результатам проведенных исследований предложена физиологически полноценная питьевая вода ФППВ для региона 47 (Ленинградская область) и 78 для города (Санкт-Петербург). Установлены географические грани-

цы зоны ее распространения. **Ключевые слова:** физиологически полноценная питьевая вода, оптимальная минерализация, общая жесткость, подземные питьевые воды, водоносный комплекс, гидрогеология, вендский водоносный комплекс, макро- и микрокомпонентный состав.

Godin V.Yu. (Aqualine, Karela)

PHYSIOLOGICALLY COMPLETE DRINKING WATER FOR RESIDENTS OF ST. PETERSBURG AND LENINGRAD REGION

According to the adopted methodology for the analysis of domestic and foreign literature in the field of assessing the impact of the water factor on human health, study the properties of the Neva water and held her comparative analysis of underground drinking water of St. Petersburg and Leningrad region, assessed the drinking waters of St. Petersburg, studied and investigated regional geochemical features and resources of underground drinking water. There is on the results of the research proposed physiologically full drinking water for the region FPPV 47 (Len-