

3. Антонов, Ю.В. Природа аномалий вертикального градиента силы тяжести над горными сооружениями Южного Тянь-Шаня / Ю.В. Антонов, Е.А. Зубченко, С.В. Слюсарев // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. – 1990. – № 7. – С. 102–106.

4. Антонов, Ю.В. Геологическое истолкование вертикального градиента силы тяжести над горными сооружениями Средней Азии / Ю.В. Антонов, С.В. Слюсарев // Изв. вузов. Сер. Геол. и разведка. – 1994. – № 5. – С. 129–133.

5. Антонов, Ю.В. Лискинская аномалия вертикального градиента силы тяжести / Ю.В. Антонов, В.И. Жаворонкин, С.В. Слюсарев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – Воронеж : Изд-во ВГУ. – 2001. – № 11. – С. 204–209.

6. Николаевский, В.Н. Разломы и реологическая расчлененность земной коры / В.Н. Николаевский, В.И. Шаров // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. – 1935. – № 1. – С. 16–28.

7. Страхов, В.Н. К вопросу неоднозначности решения обратной задачи гравиметрии / В.Н. Страхов // Прикладная геофизика. – М. : Недра, 1972. – Вып. 69. – С. 115–139.

8. Халевин, Н.К. К вопросу построения земной коры Урала / Н.К. Халевин // Геофизический журнал. – 1990. – Т. 12. – № 5. – С. 55–59.

9. Шен, Э.Л. Выявление скомпенсированных неоднородностей в разрезе земной коры и верхней мантии / Э.Л. Шен, В.Г. Козленко, Л.И. Койфман // Объемные структуры земной коры и верхней мантии. – Магадан, 1986. – С. 53–62.

УДК 550.832

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СКВАЖИНАХ: ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ И КЛАССИФИКАЦИИ

А.А. Аузин

*Воронежский государственный университет*

Рассматриваются некоторые терминологические проблемы в области геофизических исследований в скважинах (ГИС). Предлагается вариант классификации, в которой группирование методов и методик ГИС на верхнем уровне осуществлено по целевому назначению методов. Более дробное деление выполнено как на основании характеристик геофизических полей, используемых при реализации методов, так и по решаемым ими задачам. Классификация включает в себя не только методы каротажа, но и методы скважинной геофизики.

Геофизические исследования в скважинах (ГИС) составляют основную, наиболее значительную часть методов, относимых к подземной геофизике, которая в свою очередь, наряду с космо-, аэро-, наземной (полевой) и морской геофизикой, представляет собой один из разделов разведочной (прикладной) геофизики (рис. 1). В основу такого деления разведочной геофизики положена физическая среда, в которой проводятся геофизические исследования.

Геофизические исследования в скважинах включают в себя методы каротажа и методы скважинной геофизики. Основными целями каротажа являются определение литологии и корреляция вскрытых скважинами разрезов, выявление и опробование полезных ископаемых, а также исследование технического состояния скважин. Традиционно к методам каротажа относят и некоторые операции в скважинах, в частности – отбор проб, торпедирование и пр. Однако в любом случае исследуется или подвергается воздействию достаточно локальная область пространства – либо сама скважина,

либо непосредственно примыкающий к ее стенкам скважинный участок среды. Таким образом, область исследования методов каротажа соизмерима с той, которую может обеспечить изучение керна<sup>1</sup>.

Отличительной особенностью методов скважинной геофизики является то, что они позволяют исследовать весьма значительные объемы околоскважинного пространства (радиус исследования некоторых из них достигает десятков и сотен метров). В этом смысле методы скважинной геофизики близки к таким наземным методам геофизических исследований, как электроразведка, гравиразведка, магниторазведка и пр.

Достаточно важная и до сих пор не урегулированная проблема ГИС лежит в сфере терминологии. Причем имеет место вполне определенное взаимное непонимание между специалистами, работающими в сфере промысловой геофизики, и геофизиками-рудниками. Характерным примером подобных отношений является применение термина «скважинная геофизика», который вопреки ГОСТу, введенному в действие

<sup>1</sup> Термин «*carottage électrique*», по аналогии с «*carottage mécanique*», обозначающим отбор керна или колонковое бурение, был введен для обозначения, предложенного К. Шлюмберже и им же впервые примененного в 1926 г., электрического метода исследований в скважинах, соответствующего методу КС в его современном понимании. Название нового метода, по существу, подчеркивало, что решаемые им задачи аналогичны традиционно решавшимся с помощью изучения керна материала. В дальнейшем, когда сфера применения геофизических исследований в скважинах существенно расширилась и видоизменилась, за рубежом термин «*carottage*» в прежнем его понимании применительно к геофизическим исследованиям в скважинах практически перестал использоваться. Даже во Франции он уступил место термину «*diagraphie*» (в частности, «*diagraphie électrique*» означает электрический каротаж). Однако, среди отечественных специалистов-геофизиков термин «каротаж» сохранил свое значение и широко используется до сих пор.

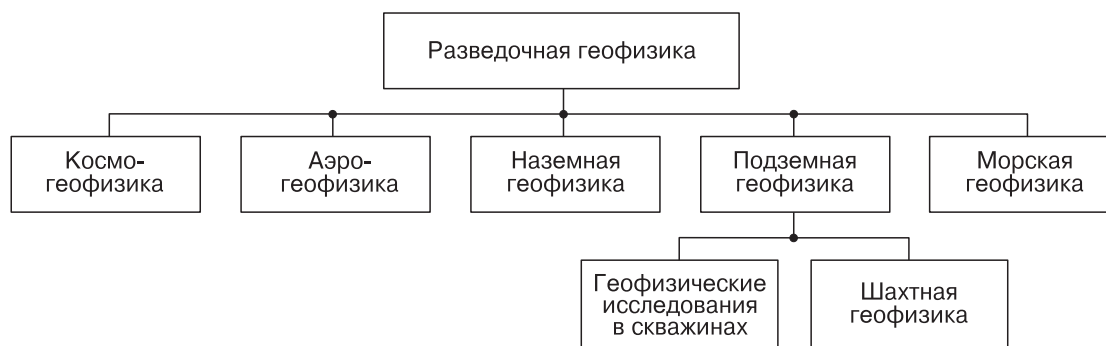


Рис. 1. Структура разведочной геофизики

в 1978 году, многие геофизики-нефтяники пытаются распространить на все геофизические исследования в скважинах [1]. Не менее серьезные сомнения вызывает толкование термина «магнитный каротаж». В частности в работе [2] утверждается, что «магнитный каротаж включает каротаж магнитной восприимчивости и скважинную магниторазведку (с. 259)», в то время как скважинная магниторазведка является типичным методом скважинной геофизики, но никак не каротажа. Мало того, очень часто, в том числе и в современной научной и методической литературе, технических инструкциях и пр. приходится сталкиваться с произвольным толкованием аббревиатуры «ГИС». Причем даже в одних и тех же работах [3,4], в том числе и претендующих на установление терминологических стандартов, она расшифровывается и как «геофизические исследования в скважинах», и как «геофизические исследования скважин» [5]. Необходимо заметить, что это – две разные, хоть и в значительной степени пересекающиеся группы методов. В частности, геофизические исследования скважин, если принимать во внимание буквальный смысл данного словосочетания, должны включать в себя не только методы каротажа, направленные на изучение стенок скважин, но и геофизические исследования керна, шлама и бурового раствора. Однако в их состав не должны входить методы скважинной геофизики, поскольку эти методы предназначены для исследования *околоскважинного* пространства, которое лишь по формальному признаку названо именно таким образом и не входит в число неотъемлемых атрибутов скважины, к каковым относятся ее стенки, керн, шлам и буровой раствор (скважинная жидкость). С другой стороны, *геофизические исследования в скважинах* не могут включать в себя исследования керна и шлама, которые осуществляются на поверхности, однако к ним, помимо каротажа, следует относить методы скважинной геофизики. В принципе, как это в свое время отмечал В.А. Мейер [6], термины «*геофизические исследования скважин*» и «*каротаж*» являются синонимами.

В последнее время термин «геофизические исследования в скважинах» стал подвергаться корректировке, целью которой является стремление приблизить его смысловое значение к фактическому содержанию. В частности, предлагается использовать термин «геофизические исследования и работы в скважинах

(ГИРС)» [5, 7, 8]. Подобные усилия представляются излишними, поскольку практически с самого начала использования понятия «геофизические исследования в скважинах» было принято расширенное толкование данного термина, которое никого особенно не смущало. На наш взгляд, в данном вопросе есть смысл придерживаться исторически сложившихся традиций и не пытаться улучшить хорошее, поскольку, мало того, что подобная деятельность трудно регулируема и может легко выйти за рамки здравого смысла, но и сам путь «улучшения» выглядит достаточно сомнительно. *Работы в скважинах* включают в себя практически *любую* деятельность в них, в том числе и геофизические исследования, таким образом, если быть последовательным в процессе подобного «улучшения», то вместо термина «геофизические исследования и работы в скважинах» следует использовать просто – «работы в скважинах». Утрируя ситуацию, можно предполагать, что в ближайшем будущем каротажников ждет незавидная участь именоваться скважинными работниками.

Классификация методов геофизических исследований в скважинах связана с достаточно существенными принципиальными затруднениями, обусловленными, прежде всего, тем обстоятельством, что методы ГИС, в отличие от наземных методов электроразведки, сейсморазведки и пр., группируемых по признаку используемого геофизического поля (электромагнитного, упругих колебаний и пр.), объединены специфическими (скважинными) условиями своего применения. Несмотря на то, что непосредственно из названия следует, что в скважинах выполняются именно геофизические исследования, к методам ГИС, как это уже отмечалось выше, традиционно относят исследования, которые с геофизикой имеют весьма мало общего – отбор проб пород и флюидов из стенок скважин, перфорацию, торпедирование и некоторые другие. Кроме того, следует обратить внимание и на то, что не редки случаи неадекватного использования некоторых терминов. В частности, термины «кавернометрия», «инклинометрия», «расходомерия» и пр. обычно используются в качестве названий методов каротажа, хотя фактически представляют собой названия видов исследований. Название метода, являющегося способом практического осуществления чего-либо (в нашем случае – измерения диаметра скважины, ее зенитного и азимутального

углов и пр.), должно формулироваться в следующем виде: «механическая кавернометрия», «акустическая кавернометрия» или «магнитная инклинометрия», «гирскопическая инклинометрия» и т.п.

Дополнительные трудности при классификации создает чрезвычайно большое количество методов ГИС и их модификаций (общее число которых превышает пять десятков)<sup>1</sup>, построенных на изучении пространственных и временных закономерностей распределения всех используемых при проведении наземных исследований геофизических полей.

При разработке классификации автор стремился избежать излишне прямолинейного подхода и постарался, где это только возможно, придерживаться традиционных, исторически сложившихся взглядов как на круг методов, относимых к ГИС, так и на специфические терминологические особенности данной сферы геофизических исследований. Таким образом, понятие «геофизический метод» будет использоваться с определенной долей условности и подразумевать под собой не только способ практической реализации каких-либо исследований, основанных на изучении различных параметров геофизических полей, но и некоторые технические операции в скважинах.

Можно считать, что именно непосредственное использование скважины при выполнении исследований каким-либо конкретным геофизическим методом является необходимым условием для отнесения его к геофизическим исследованиям в скважинах. Но если с методами каротажа, у которых зондовое устройство, содержащее источник и (или) измеритель геофизического поля или какого-либо характеризующего скважину параметра, целиком располагается в исследуемой скважине, в этом смысле все достаточно ясно, то с методами скважинной геофизики, особенно при их реализации в варианте скважина-поверхность, возможна вполне определенная неоднозначность. В частности, в наземной сейсморазведке при возбуждении упругих колебаний очень часто их источник располагают в скважине аналогично тому, как это делают при акустическом или сейсмическом просвечивании. Для устранения подобной неопределенности необходимо введение дополнительного признака, позволяющего разграничить методы наземной и скважинной геофизики. Таким признаком может служить соотношение длины используемого участка скважины (расстояния от ее устья до места размещения источника или приемника поля) и радиуса исследования метода. Если эти расстояния соизмеримы – метод следует отнести к методам скважинной геофизики.

Как известно, классификация – логическая операция, состоящая в разделении всего изучаемого множества предметов на отдельные группы по обнаруженным сходствам или различиям. Для того чтобы классификация удовлетворяла требованиям полноты и чистоты,

при ее составлении необходимо придерживаться ряда правил формальной логики – так называемых правил деления объема понятия [8,9]. Эти правила формулируются следующим образом:

1. Каждое данное деление должно производиться по одному и тому же признаку, называемому основанием деления.
2. Образующиеся в процессе деления члены деления должны взаимно исключать друг друга.
3. Члены деления должны быть ближайшими видами делимого понятия.
4. Объем всех членов деления должен равняться объему делимого понятия.

На верхнем уровне приведенной на рис. 2 классификации по признаку целевого назначения методы ГИС делятся на две группы. С точки зрения теории, для того чтобы классификация была естественной, при делении необходимо использование существенного, определяющего признака, каковым сфера применения метода не является. И в этом смысле оптимальным было бы привлечение характеристик геофизических полей, используемых при проведении исследований различными методами. Однако подобный подход на этом уровне не может быть использован, так как значительная часть методов, относимых к ГИС, но фактически не являющихся геофизическими в принципе, не может быть вписана в такую схему деления. Кроме того, положительным свойством целевого деления методов является возможность добавления в классификацию и других групп методов иного целевого назначения без изменения содержания остальной ее части. В принципе, имелась очевидная возможность, используя признак поля, распределить большинство методов ГИС, объединенных в группу «исследования стволов скважин и операции в скважинах» по выделенным подгруппам группы «исследования с целью расчленения и корреляции вскрытых скважинами разрезов ...», аналогично тому, как это частично было сделано в работе [4]. Однако, подобный формальный подход, несмотря на свою несомненную методическую правильность, лишил бы классификацию внутренней логики (хотя, возможно, это лишь субъективное мнение самого автора).

Касаясь содержания и структуры классификации, необходимо сделать некоторые замечания и пояснения. Прежде всего, следует сразу оговориться, что методы и модификации методов исследований в скважинах, включенные в данную классификацию, не исчерпывают всех методов и модификаций методов, реализованных в свое время на практике. Кроме того, поскольку многие методы ГИС весьма универсальны и могут использоваться для решения различных задач, то метод, вошедший в первую группу, не включается в число методов фигурирующих под названием «Исследования стволов скважин и операции в скважинах», если при решении данных задач не имеет существенных аппаратных, методических или интерпретационных особенностей. Для более четкого разделения методов в группах и максимально возможного сохранения традиционных обозначений, аббревиатуры или сокращен-

<sup>1</sup> Далее, для краткости, все они будут называться просто – «методы».

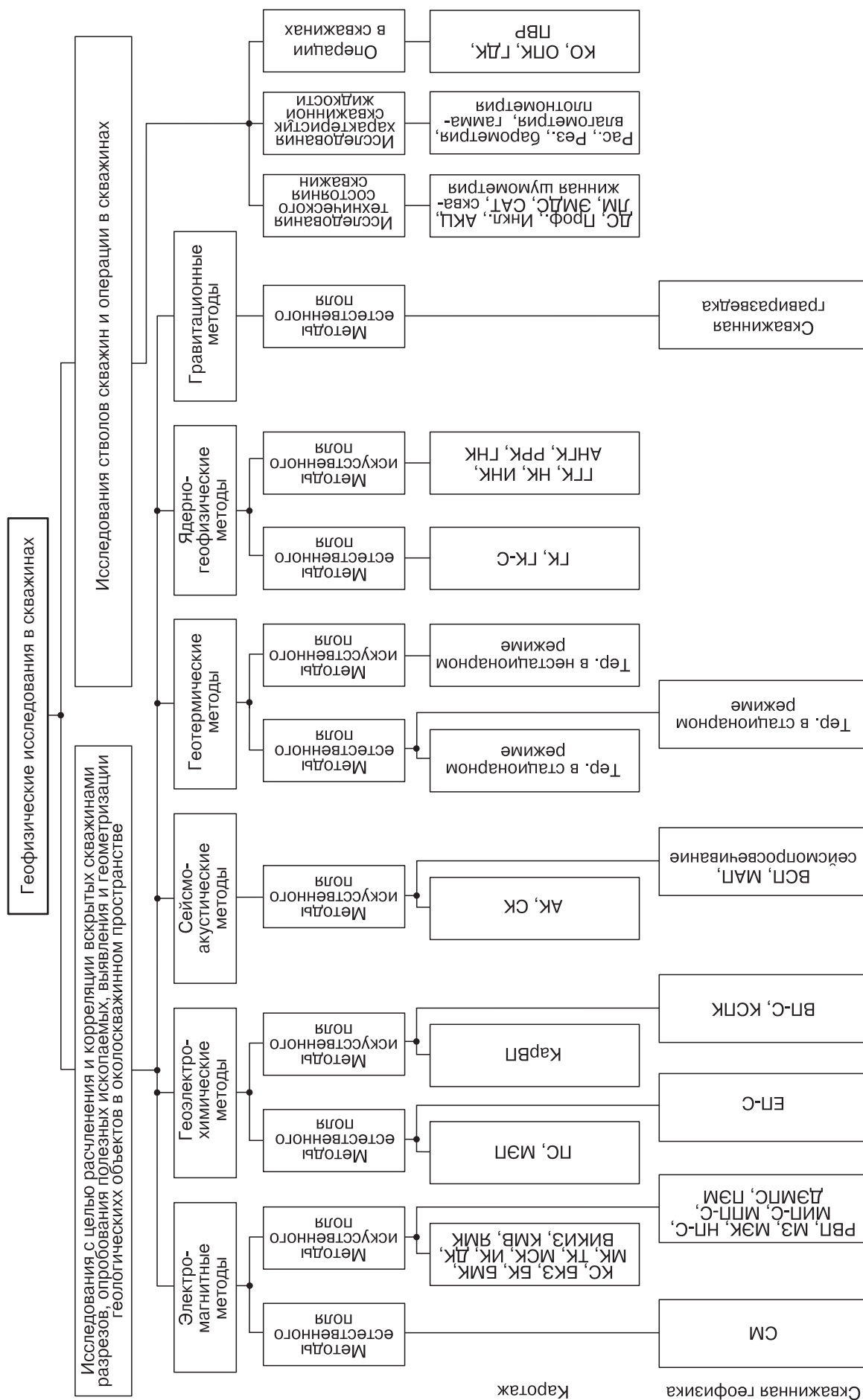


Рис. 2. Классификация методов геофизических исследований в скважинах

ные наименования некоторых методов несколько изменены относительно стандартных (табл.).

В результате деления верхнего уровня классификация фактически распалась на две самостоятельные части. При этом относительно полноценно удалось классифицировать только первую группу, полностью состоящую из действительно геофизических методов. Более дробное деление второй, смешанной группы, методов рационально только по их целевому назначению, поскольку здесь достаточно много методов, отнесение которых к таковым весьма условно, т.к. их названия скорее обозначают стоящую перед исследованиями задачу, нежели метод (способ) ее решения. При группировании этих методов по признаку используемого поля, методы, предназначенные для одних и тех же исследований, но реализующие различные способы их проведения, неизбежно окажутся в разных группах. Обратим внимание, что все исследования, названия которых часто используются как названия методов, оказались в группе «исследования стволов скважин и

операции в скважинах». Исключение составляет термометрия, которая, несмотря на то, что широко используется при исследовании стволов скважин, была включена в группу «истинно» геофизических методов. С другой стороны, в своем подавляющем большинстве, при измерениях температуры в скважинах применяются методы, основанные на использовании «терморезистивных способов».

В заключение следует отметить то, что проблемы терминологического порядка отнюдь не исчерпываются приведенными выше примерами. В частности, весьма важным и принципиальным вопросом является адекватное понимание самого термина «геофизические исследования в скважинах». С одной стороны, отнесение метода к числу геофизических требует, чтобы он был построен на основе изучения параметров того или иного геофизического поля. Однако с другой стороны, о чем уже много говорилось, к геофизическим исследованиям в скважинах традиционно относят методы, с геофизикой ничего общего не имеющие. Поскольку эта

Таблица

**Список принятых сокращений**

Сокращение	Полное название	Сокращение	Полное название
АК -	акустический каротаж;	МАП -	межскважинное акустическое просвечивание;
АКЦ -	акустическая цементометрия;	МЗ -	метод заряда;
АНГК -	активационный нейтронный гамма-каротаж;	МИП-С -	скважинный вариант метода искусственного подмагничивания;
БК -	боковой каротаж;	МК -	микрочаротаж;
БКЗ -	боковое каротажное зондирование;	МСК -	метод скользящих контактов;
БМК -	боковой микрочаротаж;	МПП-С -	скважинный вариант метода переходных процессов;
ВИКИЗ -	высокочастотное каротажное изопараметрическое зондирование;	МЭК -	метод электрической корреляции;
ВП-С -	скважинный вариант метода вызванной поляризации;	МЭП -	метод электродных потенциалов;
ВСП -	вертикальное сейсмическое профилирование;	НК -	нейтронный каротаж;
ГГК -	гамма-гамма-каротаж;	НП-С -	скважинный вариант метода незаземленной петли;
ГДК -	гидродинамический каротаж;	ОПК -	опробование пластов приборами на кабеле;
ГК -	гамма-каротаж;	ПВР -	прострелочно-взрывные работы в скважинах;
ГК-С -	спектрометрический гамма-каротаж;	Проф.-	профилеметрия;
ГНК -	гамма-нейтронный каротаж;	ПС -	каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации;
ДК -	дieleктрический каротаж;	ПЭМ -	пьезоэлектрический метод;
ДС -	кавернометрия;	Рас. -	расходомерия;
ДЭМПС -	скважинное дипольное электромагнитное профилирование;	РВП -	радиоволновое просвечивание;
ЕП-С -	скважинный вариант метода естественного электрического поля;	Рез. -	резистивиметрия;
ИК -	индукционный каротаж;	РРК -	рентгенорадиометрический каротаж;
ИНК -	импульсный нейтронный каротаж;	САТ -	скважинное акустическое телевидение;
Инкл. -	инклинометрия;	СК -	сейсмический каротаж;
КарВП -	каротаж потенциалов вызванной поляризации;	СМ -	скважинная магниторазведка;
КМВ -	каротаж магнитной восприимчивости;	ГК-С -	спектрометрический гамма-каротаж;
КО -	отбор зерна из стенок скважин приборами на кабеле;	Тер. -	скважинная термометрия;
КС -	каротаж сопротивления;	ТК -	токовый каротаж;
КСПК -	контактный способ поляризационных кривых;	ЭМДС -	скважинная электромагнитная дефектоскопия;
ЛМ -	локация муфт колонн;	ЯМК -	ядерно-магнитный каротаж

коллизия представляется неустранимой, то наиболее простым способом учета фактически сложившегося положения вещей представляется осознание того обстоятельства, что в данном случае словосочетание «геофизические исследования» необходимо понимать как определенную условность и не придавать излишнего драматизма сложившейся ситуации. При этом термин «геофизические исследования в скважинах (ГИС)» по существу является самоопределяющим, то есть существенные признаки понятия содержатся в буквальном значении термина, поэтому требовать его неперенной расшифровки представляется излишним.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сохранов, Н.Н. Дискуссионный отклик на публикации Я.Н. Басина и А.М. Блюменцева по вопросам терминологии / Н.Н. Сохранов // НТВ «Каротажник». – Тверь, 1996. – Вып. 20. – С. 102–105.
2. Инструкция по проведению геофизических исследований в рудных скважинах / под ред. Е.П. Лемана, А.П. Савицкого. – СПб., 2000. – 414 с.

3. Геофизические методы исследования скважин : справочник геофизика / под ред. В.М. Запорожца. – М., 1983 – 591 с.
4. Зайченко, В.Ю. Основы терминологии прикладной геофизики / В.Ю. Зайченко // НТВ «Каротажник». – Тверь, 1996. – Вып. 20. – С. 88–101.
5. Блюменцев, А.М. Технологические стандарты в области геофизических исследований и работ в скважинах / А.М. Блюменцев, Н.Г. Козыряцкий // НТВ «Каротажник». – Тверь, 2001. – Вып. 84. – С. 145–148.
6. Мейер, В.А. Геофизические исследования скважин / В.А. Мейер. – Л., 1981. – 464 с.
7. Правила геофизических исследований и работ в нефтяных и газовых скважинах. – Тверь, 1999. – 67 с.
8. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. – Тверь, 2001. – 270 с.
9. Философская энциклопедия. – Т.5. – М., 1970. – 740 с.
10. Аузин, А.А. Классификация электромагнитных методов скважинной геофизики / А.А. Аузин // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 1997. – № 3. – С. 147–150.
11. Тимофеев, В.А. Франко-русский геологический словарь / В.А. Тимофеев. – М., 1982. – 406 с.

УДК 550.344.52

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОЛНЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

А.И. Дубянский, С.В. Зайцев, К.Ю. Силкин

Воронежский государственный университет

Целью настоящей работы является изложение накопившихся в результате сейсмологических исследований на Воронежском кристаллическом массиве материалов об особенностях поверхностных волн, генерированных тектоническими и техногенными источниками. В работе рассмотрены волновые формы, некоторые особенности пространственного распределения скоростей, дана оценка влияния осадочного чехла на скорости волн Релея и Лява, приводятся региональные годографы этих волн.

Поверхностные волны релеевского типа (LR) являются наиболее устойчивой и характерной частью волнового поля, генерируемого как землетрясениями, так и промышленными взрывами. Их высокая интенсивность и низкая частота, лежащая, как правило, ниже частоты волн-помех различной природы, позволяет использовать эти волны наряду с другими для получения информации о местоположении очага. Волны Релея, распространяясь вдоль поверхности и проникая на сравнительно небольшую глубину, несут также информацию о скоростных свойствах среды. Все это делает необходимым изучение особенностей распространения поверхностных волн в условиях Воронежского кристаллического массива. Исходным материалом для этой цели послужили сейсмические записи, полученные в результате эксперимента, проведенного летом 2002 г. по изучению сейсмических особенностей промышленных взрывов, проводимых в Павловском карьере. Регистрация упругих волн осуществлялась четырьмя широкополосными станциями,

оснащенными сейсмометрами типа СМЗ-ОС, частотный диапазон которых – 0,02–10 Гц. Одна из станций (VRS), работающая в стационарном режиме, являлась базисной. Время регистрации сейсмических событий одной расстановкой составляло в среднем 12 дней. Получены записи нескольких взрывов в 15 пунктах регистрации, расположенных в различных азимутах и на различных удалениях от Павловского карьера (рис. 1). В период работы станций осуществлялась также запись сигналов от промышленных взрывов в Михайловском, Стойленском и Лебединском карьерах и регистрация телесеизмических событий тектонической природы. Кроме этого использовались данные, полученные на сейсмостанциях, работающих на территории Воронежской области в стационарном режиме. Практически на всех пунктах наблюдений получены качественные записи, позволяющие уверенно выделять поверхностные волны.

Различные источники сейсмических волн генерируют различные по характеру записи поверхностные