

## Работы молодых ученых

УДК 550.311

### МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЗРЫВНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2008 А.Н. Морозов

*Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, 163000; e-mail: vif@atnet.ru*

В статье представлены основные результаты по регистрации и анализу на станциях Архангельской сейсмической сети волновых форм химических взрывов. На основе анализа волновых форм взрывов из карьера «Покровское», зарегистрированных на сейсмической станции «Тамица» были выработаны основные положения методики идентификации. После проверки на массовом материале выработанные положения методики были успешно распространены на взрывы из других карьеров («СОБР», «Савинский»), регистрируемые сейсмическими станциями «Тамица» и «Климовская».

#### ВВЕДЕНИЕ

Для слабоактивной в сейсмическом отношении Архангельской области наиболее яркими сейсмическими событиями до сих пор являются карьерные взрывы. Исследование карьерных взрывов представляет особый интерес, связанный с возможностями решения на его основе многих сейсмологических задач:

- изучение внутреннего строения Земли, земной коры, мантии методами ГСЗ и сейсмической томографии;
- проблем «чрезвычайной» сейсмологии, обусловленных необходимостью исследования, например, «несанкционированных» взрывов;
- проблем «военной» сейсмологии, возникших в настоящее время в связи с появлением артиллерийских ядерных зарядов малой (<1 кт взрывчатых веществ) мощности, адекватных мощности карьерных взрывов, что требует исследования их возможного сейсмического эффекта в различных геологических условиях.

Из всех сейсмологических задач наиболее актуальной для составления сейсмических каталогов в настоящее время является изучение типовых черт сейсмических сигналов от карьерных взрывов, как источника помех при исследовании землетрясений. Работы по формированию критерия идентификации взрывов на сейсмических записях начали активно проводиться с момента подготовки

материалов для заключения Договора между СССР и США о всеобъемлющем запрещении испытаний ядерного оружия, когда перед сейсмологами остро встал вопрос о возможности достоверной идентификации ядерных взрывов на сейсмограммах (Кедров, 2005).

Подход к формированию критерия идентификации взрывов основывался на утверждении, что при ядерных взрывах на телесеизмических расстояниях возбуждаются главным образом Р-волны, а при землетрясении – волны S, и на долю продольных волн при землетрясении приходится лишь примерно 20% от общей энергии источника. Поэтому в случае региональных расстояний принято использовать дискриминанты, основанные на отношении прямых (недиффигированных в геологической среде) продольных и поперечных волн R и L - Релея и Лява - P<sub>g</sub> и S<sub>g</sub> и на отношении характеристик групп поверхностных волн к объемным волнам P и S.

В качестве дискриминантов использовалось также сравнение осредненных спектральных моментов для Р волны и отношения амплитуд поверхностных волн L/R (Гамбурцева и др., 2006; Денева и др., 1988; Gupta et al., 2004; Hedlin et al., 2004; Ringdal et al., 2004; Su et al., 1991; Zhou et al., 2004).

Подробно различные способы идентификации рассматриваются в работе (Бат, 1980). Был введен такой критерий идентификации как отношение



## МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЗРЫВНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

**Таблица 1.** Взаимные расстояния карьеров и регистрирующих сейсмических станций.

Карьеры	Расстояние от сейсмических станций, км	
	«Климовская»	«Тамица»
«Покровское»	361	17
«СОБР»	189	195
«Савинский»	235	171

настоящему времени было выявлено, что задача поиска способов дискриминации взрывов и землетрясений до сих пор остается важной проблемой региональных сейсмических сетей в контексте глобального сейсмического мониторинга (Kim et al., 1993). Опыт долгосрочных сейсмологических наблюдений привел ученых к заключению, что ни один метод не может обеспечить надежное разделение сейсмических сигналов взрывов и землетрясений. Показано (Бат, 1980; Денева и др., 1988; Годзиковская, 2000), что специфические особенности разных регионов, в большой мере требуют разработки различных методов распознавания.

В настоящем исследовании представлены результаты изучения специфических особенностей цифровых записей взрывов из карьеров Архангельской области и выработанный на их основе метод их идентификации.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Изучались волновые формы записей 110 взрывов из карьеров «Покровское» ( $N_1=48$ ), «СОБР» ( $N_2=33$ ) и «Савинский» ( $N_3=29$ ), зарегистрированных сейсмическими станциями (с/с) «Тамица» и «Климовская» (рис. 1, табл. 1).

Отметим, что приемлемая для интерпретации регистрация сейсмических волн на разных профилях «карьер – станция» различна. Качество регистрации взрывов на станциях, четкость, контрастность записей сейсмических волн от взрывов, как уже отмечалось (Годзиковская, 2000; Французова, Габсатарова, 2004; Khalturin et al, 1998)

зависит не только от мощности взрывов, но и от технологии взрывания. Параметры производимых взрывов представлены в табл. 2.

Технология многорядового (массового) взрывания в указанных пунктах сходна. Однако тонажность зависит от структуры раздробляемой породы: для более твердых пород (добыча гранито-гнейсов, амфиболитов в карьере «Покровское») требуется большая масса взрывающего вещества (до 30 т), нежели для бокситов в карьере «СОБР» или известняка в карьере «Савинский», в которых производятся взрывы меньшей мощности (до 8.5-10 т).

### РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЗРЫВНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

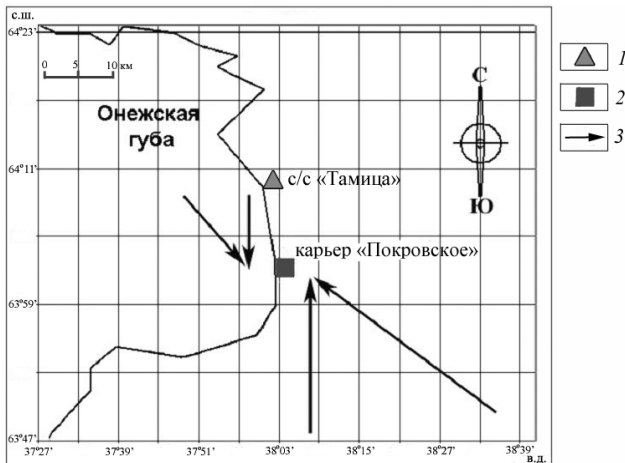
Для карьеров и станций Архангельской области поиск дискриминантов взрывов и землетрясений начат с момента организации сейсмической сети на территории области в 2004 году. Предварительный критерий был сформулирован для взрывов на профиле «Покровское – Тамица» (Французова, Габсатарова, 2004). Он основывался на особенностях волнового поля объемных волн  $P_g$  и  $S_g$ , в частности, на превышении максимальных амплитуд  $P_g$  волн над максимумом амплитуд  $S_g$  волн в высокочастотном диапазоне от 8 до 16 Гц. При этом была отмечена характерная особенность волновых форм записей взрывов: наличие зарегистрированной через 44 секунды поверхностной релеевского типа ударно-воздушной (акустической) волны.

При последующих исследованиях была найдена корреляция интенсивности этой волны с направленностью ветровых воздействий (табл. 3). Усиление ее интенсивности отмечается при южных и юго-восточных направлениях ветра; ослабление - при северных и северо-западных направлениях и при штиле.

Известно (Астапенко, 1982), что возникновение ударно-воздушной (или акустической) волны связано со скачкообразным изменением давления. Достигая земной поверхности, ударная волна вызывает эффект звукового удара, воспринимаемого как мгновенный скачок давления в несколько гектопаскалей. Эффект звукового

**Таблица 2.** Данные о взрывах, выполняемых в карьерах Архангельской области.

Название карьеров	Масса взрывчатых веществ, т	Регистрируемые станциями взрывы			Величина задержки между рядами, мс
		общее кол-во	более 75%	менее 30%	
«Покровское»	0.1-30.0	47	«Тамица»	-	40-200
«СОБР»	2.1-9.9	33	«Климовская»	«Тамица»	20-100
«Савинский»	6.8-8.5	29	«Климовская»	-	одновременно



**Рис. 2.** Диаграмма направления ветров во время производства химических взрывов в карьере «Покровское»: 1 – сейсмическая станция Архангельской сети; 2 – промышленный карьер «Покровское»; 3 – направление ветровых воздействий в момент производства взрывных работ.

удара зависит прежде всего от градиента атмосферного давления и от наличия вертикального и горизонтального сдвигов ветра, что, по-видимому, частично объясняет изменения интенсивности волны на записях карьерных взрывов.

Кроме того, возможно, следуя диаграмме ветров (рис. 2), при юго-восточных и восточных направлениях ветер бьет в борт карьера «Покровское», круто падающего ( $h \geq 21$  м) к Онежской губе. При этом происходит отражение от борта карьера возникшей в результате взрыва ударно-воздушной волны и соответственно ее усиление. При северо-западных ветрах, наоборот, ветер скользит вдоль борта и эффекта усиления не происходит. Об этом косвенно свидетельствует факт практически одинаковой (слабой) интенсивности волн и при отсутствии ветра (штиль). Естественно, интенсивность волны зависит, прежде всего, от массы взрываемого заряда.

Сформулированные положения критерия идентификации взрывов подтверждены на более значительной выборке взрывов из карьера «Покровское» при разной тонажности взрывчатой массы. Кроме того, методика распознавания взрыва позже была дополнена положением, что на малых эпицентральных расстояниях логарифм отношений максимумов спектров в волнах  $P_g$  и  $S_g$  в окне от 8 до 16 Гц можно использовать в качестве дополнительного признака распознавания взрывов, и порогом этой величины можно считать величину  $-0.3$ . В других рассматриваемых нами частотных окнах от 2 до 4 Гц и от 3 до 6 Гц стабильных результатов получить не удалось.

Таким образом, методика распознавания взрывов на данном этапе требует выполнения следующей последовательности действий:

**Таблица 3.** Направленность ветровых воздействий и значения амплитуд ударно-воздушных волн на записях массовых карьерных взрывов.

Дата	Масса ВВ, т	Амплитуда колебаний, мкм	Направление и скорость (м/с) ветра
27.02.04	25.0	3.100	Ю-В (2)
02.04.04	23.1	0.144	С (3)
13.05.04	24.5	0.347	С-З (4)
25.06.04	30.0	0.755	Ю-В (2)
27.07.04	24.5	0.768	В (3)
10.09.04	30.0	2.000	Ю (3)
28.10.04	24.0	0.274	С-З (5)
03.12.04	14.7	0.136	(0)
23.12.04	15.4	0.506	Ю-В (5)
19.01.05	15.0	0.801	Ю (2)
10.03.05	21.6	0.113	С(3)
15.04.05	16.8	0.357	Ю-В (2)
20.05.05	17.9	0.437	З (4)
23.09.05	27.7	1.300	Ю-В (5)
19.10.05	8.8	0.050	С (2)
18.11.05	16.9	0.545	Ю-В (2)
26.05.06	19.1	0.239	З (2)
01.09.06	-	0.169	В (1)

а. Проверяется местоположение эпицентра и время в очаге. Если эпицентр находится в зоне известных карьеров и сейсмическое событие зафиксировано в дневное время, то можно уже в первом приближении предположить, что это, возможно, взрыв.

б. Далее изучается структура волнового поля записи, которая должна содержать группу объемных  $P_g$ ,  $S_g$  и поверхностных  $R$  волн.

в. Затем анализируется огибающая записи, характерный вид которой содержится в базе данных огибающих взрывов по разным профилям для разных карьеров. В частности, определяется соотношение максимальных амплитуд в группах  $P_g$  и  $S_g$  или  $P_g$  и  $R$  волн.

г. Рассчитываются спектры участков записей волн  $P_g$  и  $S_g$ , содержащих максимальные амплитуды, и затем анализируется соотношение максимумов спектров этих волн, по значению которых определяется тип события.

д. Определяется наличие или отсутствие ударно – воздушной (акустической) волны.

В настоящих исследованиях опробованы наиболее значимые положения, начиная с пункта б, методики идентификации для взрывов из других карьеров («СОБР», «Савинский»), зарегистрированных на с/с «Климовская» и «Тамица». Причем ключевым для идентификации сейсмического события является пункт г.

Мы уже отмечали, что записи взрывов на разных трассах «карьер-станция» могут отличаться, и в этой связи можно предположить, что выявленные нами особенности записи взрывов из карьера «Покровское» не будут найдены на записях из карьеров «СОБР» и «Савинский», как на с/с

«Тамица», так и на с/с «Климовская». Это связано с тем, что структура геологической среды на этих профилях существенно отличается от весьма благоприятных условий распространения сейсмических волн на профиле «Покровское – Тамица».

В самом деле, сейсмическая станция Тамица находится в пределах Южно-Онежского куполообразного поднятия Онежской неотектонической зоны поднятий северо-западного простирания, в полосе сопряжения их с Онежским прогибом (рис. 1). Это сопряжение характеризуется весьма незначительными градиентами (порядка  $10^{-4}$ ) и не сопровождается разрывообразованием. Окрестность этой сейсмостанции, как следует из (Макаров, 1996), характеризуется близким к поверхности заложением древнего кристаллического основания.

Карьер «Покровское» находится в зоне выхода на поверхность скальных пород (в карьере добывают гранит, перерабатываемый в щебень). Гряда скальных пород погружается в районе сейсмической станции под небольшой мощности слой (2-3 км) валунно-галечных отложений (Французова, Габсатарова, 2004). Взрывные работы в карьере проводятся в северном и северо-западном направлениях. Сейсмические волны при своем распространении от карьера к станции «Тамица» не встречают существенных нарушений геологической среды. Поэтому на записях взрывов по трассе «Покровское – с/с «Тамица»» возможно выделение четких вступлений объемных (Pg, Sg) и поверхностных (R) волн.

Карьер «СОБР» располагается в Мошинском прогибе на расстоянии 195 км от сейсмической станции «Тамица». Сейсмические колебания от карьера к станции распространяются вдоль Онежского прогиба, по-видимому, не пересекая каких-либо заметных геодинамически активных зон или разломов, в отличие от карьера «Савинский», который располагается соответственно в Труфаногорской зоне поднятий на расстоянии 171 км от станции, и сейсмические колебания от которого при распространении пересекают сложный узел сочленений Нижне-Пинежско-Кулойского и Онежского прогибов и Онежского прогиба с юго-восточной частью Онежской зоны поднятий (рис. 1). При этом следует отметить, что территория вокруг карьера с трех сторон окружена небольшими речками, за которыми располагаются болота и водонасыщенные почвы, а по геологическому строению на территории самого карьера выделяют слой водонасыщенного известняка, начиная с глубины 7 метров. Взрывные работы в карьере ведутся в северном направлении. По выше указанным причинам карьер «Савинский» имеет самые неблагоприятные условия для распространения сейсмических волн.

В существенно иной структурно-геологической провинции, в которой проявление динамического воздействия выступа Балтийского щита заметно слабее, располагается с/с «Климовская». Это связано и с большей удаленностью этой провинции от щита, и со значительно большей глубиной залегания кристаллического основания плиты. Станция находится на западном склоне свода обширного Коношского поднятия, сопряженном с Воже-Лачским прогибом. Последний может рассматриваться в качестве юго-западного структурного продолжения Емца-Покшеньгинского прогиба Циркум-балтийской системы, но отличается уже заметно новым планом и отделяется от этого прогиба юго-восточным уже не очень отчетливым продолжением поднятия Ветреного пояса.

Сигналы от карьера «Покровский», располагающегося от станции Климовская на значительном расстоянии (361 км), испытывают возмущения на своем пути большого числа структурных нарушений - это и сочленение Нижне-Пинежско-Кулойского, Онежского прогибов, Воже-Лачского, Емца-Покшеньгинского и Мошинского прогибов, а также возможно некоторое влияние зоны Ветреного пояса.

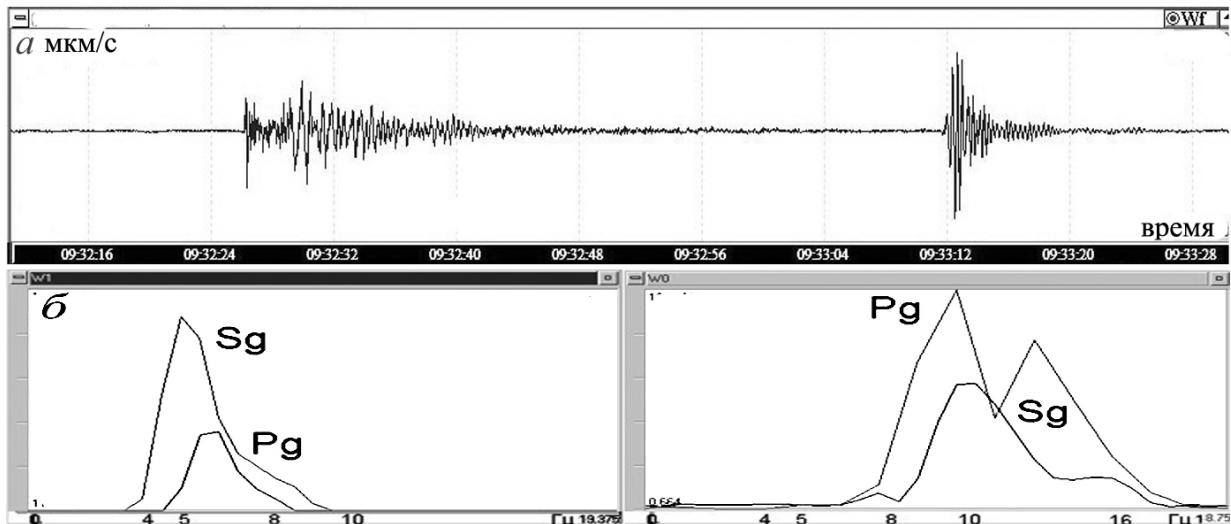
Сейсмические колебания, возбуждаемые от взрывов в карьере «СОБР», расположенном на расстоянии 189 км от с/с «Климовская», распространяются практически вдоль неотектонической структурно-геоморфологической границы, не испытывая возмущений от сколь угодно заметных геодинамических зон.

Карьер «Савинский» расположен на расстоянии 235 км от станции Климовская. Сейсмические волны на своем пути распространения пересекают сложный узел нарушений Труханогорской и Коношской зон поднятий и мощного Емца-Покшеньгинского прогиба, также, возможно, испытывают влияние сочленения Воже-Лачского, Емца-Покшеньгинского и Мошинского прогибов.

Анализ структуры геологической среды на трассах распространения сейсмических волн P, S и R позволяет заметить следующее:

- благоприятными для идентификации волн на записях можно считать профили «карьер – сейсмическая станция»: первый – «Покровское – Тамица», второй – «СОБР – Тамица», третий – «СОБР – Климовская»;
- менее благоприятный: четвертый – «Савинский – Климовская»;
- неблагоприятными являются: пятый – «Покровское – Климовская», шестой – «Савинский – Тамица».

Именно для первого профиля были сформулированы основные положения критерия распознавания взрывов, основанные на характерных особенностях записей взрывов, устойчиво



**Рис. 3.** Волновые формы канала Z записи взрыва из карьера «Покровское», зарегистрированного сейсмической станцией «Тамица»: *a* - массовый взрыв, произведенный 15.03.2006 (15.5 т ВВ); *б* - сравнение спектральных характеристик волн Pg, Sg в частотных окнах 4-8 и 8-16 Гц.

наблюдающихся на довольно значительной к настоящему времени выборке из этого карьера.

Характерные записи сейсмических волн от взрывов мощностью от 15 до 19 т ВВ, произведенных в карьере «Покровское» 15.03.2006 и 26.05.2006 гг. представлены на рис. 3.

В силу благоприятных геологических условий на пути распространения сейсмических колебаний из карьера «Покровское» на записи с/с «Тамица» четко выделяются вступления объемных (Pg, Sg) и поверхностной (R) волн. Наличие на записях зарегистрированной через 44 сек поверхностной (ударно-воздушной) волны. Превышение в частотном окне от 8 до 16 Гц величин амплитуд волн Pg над величинами амплитуд в волнах Sg хорошо видно при сопоставлении максимумов спектров волн  $A_p/A_s$ , вычисленных для участков записей волн Pg, Sg, содержащих максимальные амплитуды.

Однако вид записей взрывов, регистрируемых с/с «Тамица» по профилям 2 и 6, из-за геологических особенностей трасс распространения сейсмических волн значительно отличается. Для массовых взрывов, производимых в карьере «СОБР» и зарегистрированных на с/с «Тамица» (профиль 2), анализ записи волновых форм по пунктам б, в, г, д, даёт следующие результаты: на записи выделяются группы волн Pg, Sg, R, на фильтрованной записи в частотном окне от 4 до 8 Гц отношение максимальных амплитуд  $A_p/A_s$  значительно и больше 1 (рис. 4а). Ударно-воздушная (акустическая) волна от взрывов из карьера «СОБР» не выявляется.

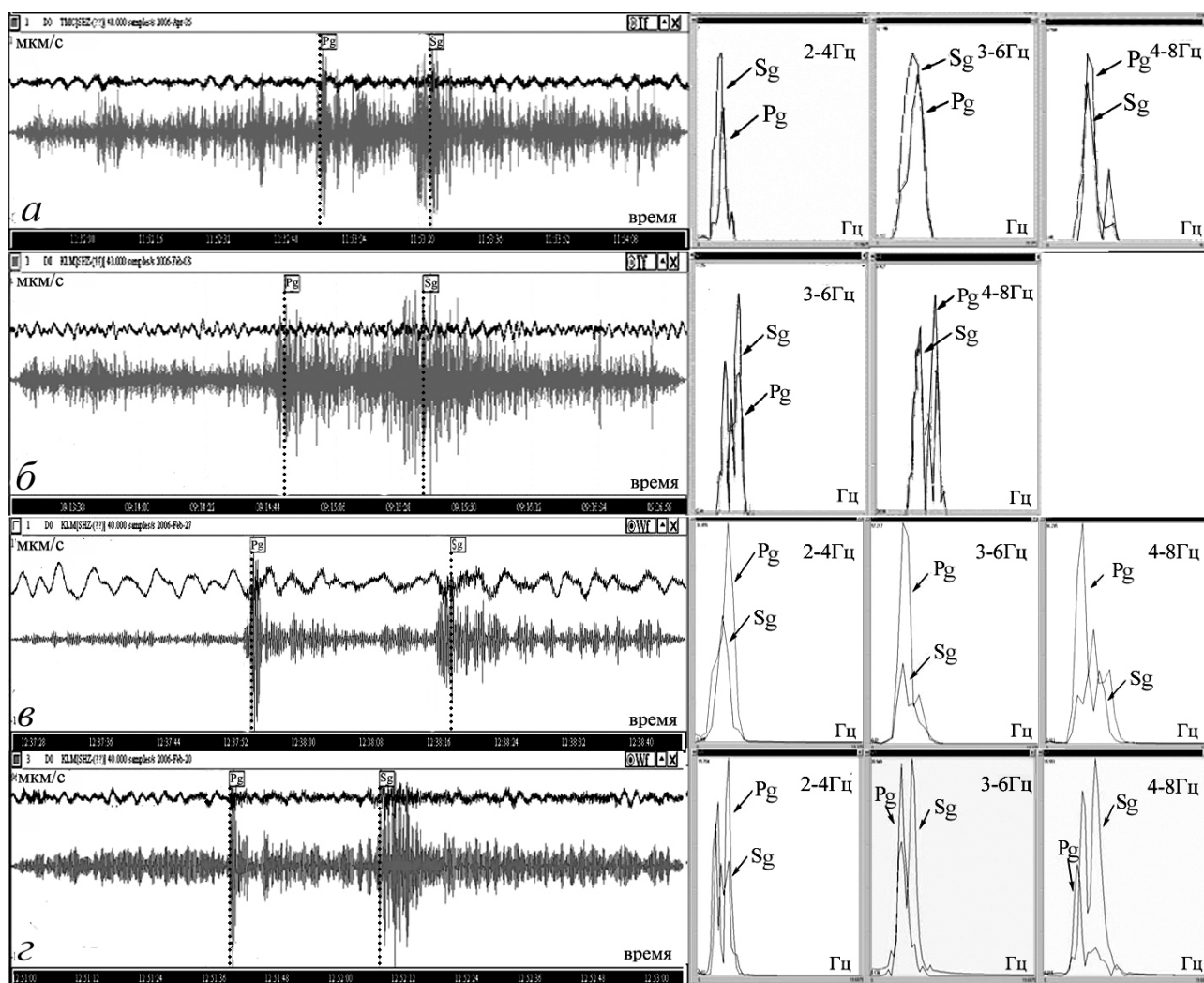
Полученные результаты при анализе структуры волнового поля взрыва по профилю 2 дают основание распространить основные положения методики идентификации и на записи взрывов из карьера «СОБР».

Для записей взрывов из карьера «Савинский», зарегистрированных на с/с «Тамица» (профиль 6), выделить группы сейсмических волн из-за особенностей трасс даже с использованием фильтрации невозможно. Для этого случая требуется разработка дополнительных приёмов фильтрации, позволяющих увеличить соотношение «сигнал - помеха».

Для зарегистрированных на записях с/с «Климовская» взрывов из карьера «Покровское» (профиль 5) вступления сейсмических волн выделяются затруднительно, даже при использовании фильтрации, за исключением взрыва, произведенного 03.02.2006 года (25 т ВВ), запись которого показана на рис. 4б. Причина - большое расстояние между карьером и станцией, и геологические условия на пути распространения сейсмических колебаний.

Несмотря на то, что группы Pg, Sg, R волн выделяются на записи при использовании фильтрации в частотном окне от 4 до 8 Гц, опознание взрыва по соотношению максимумов спектров Pg, Sg волн малодостоверно. Наличие ударно-воздушной волны также не выявлено.

Для профиля 3 («СОБР - Климовская») запись осложнена длиннопериодными помехами, не прослеживается через 2 мин. от начала записи ударно-воздушная (акустическая) волна. Однако, несмотря на значительное удаление карьера от пункта регистрации, даже на нефильтрованной записи нередко наблюдается хорошо выделяемое вступление волны Pg с амплитудами, превышающими амплитуды Sg волны, что объясняется благоприятными геологическими условиями среды на пути распространения колебаний от карьера до станции. Фильтрация записи в окнах от 2 до 8 Гц делает отношение  $A_p/A_s$  более значимым, что наблюдается на графиках сопоставления максимумов в спектрах, представленных на рис. 4в.



**Рис. 4.** Волновые формы каналов Z записей взрывов из карьеров и сравнение спектральных характеристик волн Pg, Sg в различных частотных окнах: *а* – карьер «СОБР», сейсмическая станция «Тамица» (массовый взрыв, произведенный 27.02.2006 (4 т ВВ); *б* - карьер «Покровское», сейсмическая станция «Климовская» (массовый взрыв, произведенный 03.02.2006 (25 т ВВ); *в* - карьер «СОБР», сейсмическая станция «Климовская» (массовый взрыв, произведенный 27.02.2006 (2.3 т ВВ); *г* - карьер «Савинский», сейсмическая станция «Климовская» (массовый взрыв, произведенный 20.02.2006 (7.4 т ВВ).

При этом следует отметить, что анализ других взрывов из карьера «СОБР» по профилю 3, выполненный согласно пунктам б, в, г методики распознавания взрывов, дает схожие и, главное, стабильные результаты, что позволяет нам распространить методику идентификации уже на записи взрывов станции Климовская.

Для взрывов из карьера «Савинский», регистрируемых на с/с «Климовская» (профиль 4) нефiltroванная запись взрыва осложнена помехами, на фоне которых труднее выделяются вступления волн Pg и Sg, что объясняется геологией среды в месте производства взрывов и на пути распространения сейсмических волн. На рис. 4г можно наблюдать, что фильтрация записи в окне от 3 до 6 Гц лишь с большой натяжкой позволяет получить на спектрах соотношение  $A_p/A_s \geq 1$  (логарифм  $A_p/A_s \geq 0$ ).

## ВЫВОДЫ

Представлена методика идентификации взрывной сейсмичности, выработанная на основе анализа структуры волновых форм промышленных взрывов из карьеров Архангельской области. Вместе с тем, для статистической оценки значимости методики требуется проверка их на более представительном материале с обязательным привлечением записей местных землетрясений, что будет выполняться по мере накопления необходимых записей.

Следует признать, что, как упоминалось выше, разработка надежных идентификаторов разделения взрывов и землетрясений должна проводиться с учетом характерных особенностей каждого региона, имеющих сеть наблюдений. При этом, естественно, следует использовать уже полученные в других регионах наработки и

проводить исследования их пригодности в условиях конкретных сейсмических сетей, специфических особенностей производства взрывов и тектоники изучаемых регионов.

#### Список литературы

- Астапенко П.Д.* Вопросы о погоде. Л.: Гидрометеоздат, 1982. С. 239-240.
- Бат М.* Спектральный анализ в геофизике. М.: Недра, 1980. 535 с.
- Гамбурицева Н.Г., Китов И.О., Султанов Д.Д. и др.* Сейсмический метод идентификации подземных ядерных взрывов и землетрясений на региональных расстояниях // *Физика Земли*. 2005. № 5. С.80-94.
- Годзиковская А.А.* Местные взрывы и землетрясения. М.: Наука, 2000. 108 с.
- Денева Д.А., Христов Л.О., Бабачкова Б.Е и др.* О распознавании промышленных взрывов и слабых землетрясений при помощи местных сейсмологических сетей // *Физика Земли*. 1988. № 4. С. 68-72.
- Кедров О.К.* Сейсмические методы контроля ядерных испытаний. Саранск: Красный октябрь, 2005. 420 с.
- Макаров В.И.* О региональных особенностях новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности // *Недра Поволжья и Прикаспия*. Саратов, 1996. Спец. вып. 13. С. 53-60.
- Французова В.И., Габсатарова И.П.* Особенности карьерного взрыва, зарегистрированного сейсмической станцией «Тамица» // *Тектоника сейсмичности при горных работах: модели очагов, прогноз, профилактика. Матер. межд. совещания. Апатиты-Кировск*, 2004. С. 195-197.
- Benson R., Lindholm C.D., Ludwin R. et al.* A method for identifying explosion contaminating earthquake catalogs: application to the Washington regional earthquake catalog // *Seism. Research Letters*. 1992. V. 63. № 4. P. 533-539.
- Gupta I., Taylor S., Wagner R. et al.* A seismic event discrimination system based on improved understanding of Lg from explosion – preliminary results // *26th Seismic Research Review: Trends in Nuclear Explosion Monitoring*. 2004. V. 1. P. 397-406.
- Hedlin M., Stump B., Arrowsmith S. et al* A comparative test of seismic discrimination for mining explosion // *26th Seismic Research Review: Trends in Nuclear Explosion Monitoring*. 2004. V. 1. P. 407-416.
- Khalturin V.I., Rautian T.G., Richards P.G.* The seismic signal of Chemical Explosions // Reprinted from the *Bulletin of the seismological society of America*. 1998. № 6. V. 88 P. 1511-1524.
- Kim W.Y., Simpson D.W., Richards P.G.* Discrimination of earthquakes and explosions in the eastern United States using regional high-frequency data // *Geophys. Res. Lett*, 1993. V. 20. № 2. P. 11507-11510.
- Ringdal F., Kvaerna T., Kremenetskaya E. et al.* Research in Regional Seismic Monitoring // *26th Seismic Research Review: Trends in Nuclear Explosion Monitoring*. 2004. V. 1. P. 297-306.
- Su F., Aki K., Biswas N.N.* Discriminating quarry blasts from the Gentry Mountain mining region // *Bull. Seismol. Soc.Am*. 1991. V. 81. P. 162-178.
- Zhou R., Stump B., Hayward C.* Ms:Mb discrimination study of mining explosion in Wyoming, USA and Qianan, China // *26th Seismic Research Review: Trends in Nuclear Explosion Monitoring*. 2004. V. 1. P. 541-549.

## METHOD OF IDENTIFICATION OF EXPLOSIVE SEISMICITY ON TERRITORIES OF THE ARKHANGELSK REGION

**A.N. Morozov**

*Institute of Ecological Problems in the North of UB RAS, Arkhangelsk, 163000.*

The main results of wave forms of chemical explosions on registration and analysis at stations of the Arkhangelsk seismic network are submitted in the article. On the basis of analysis of wave forms of explosions from «Pokrovskoye» quarry registered at seismic station «Tamitsa», the primary statements of technique of identification have been elaborated. After the test on mass materials the elaborated statements of the technique have been successfully distributed on explosions from others quarries («SOBR», «Savinsky»), which were registered by seismic stations «Tamitsa» and «Klimovskaya».