

УДК 534.2:551.596

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ИНФРАЗВУКОВЫХ ВОЛН НА ОСНОВЕ СЕЙСМО-АКУСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В РАЙОНЕ СТАНЦИИ IS31-АКТЮБИНСК

<sup>1)</sup>Еверс Л., <sup>2)</sup>Смирнов А.А., <sup>2)</sup>Аристова И.Л.

<sup>1)</sup>Метеорологический институт Нидерландов, Де Бильт, Голландия

<sup>2)</sup>Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

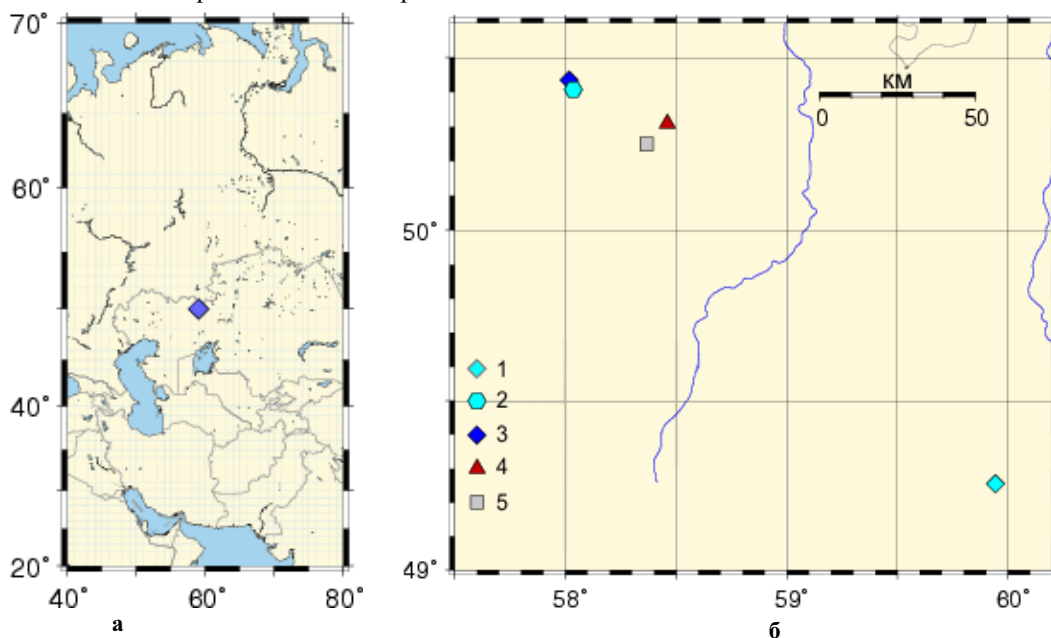
Представлены результаты сейсмоакустического анализа взрывов, произведенных в одном из хромитовых карьеров Западного Казахстана. На основе совместного рассмотрения инфразвуковых и сейсмических компонент сигналов взрывов, зарегистрированных инфразвуковой станцией IS31-Актюбинск и сейсмической станцией Акбулак в первом полугодии 2004 г., изучено влияние сезонных изменений состояния атмосферы на прохождение инфразвуковых волн.

На северо-западе Казахстана с 2001 г. действует инфразвуковая группа IS31-Актюбинск [1], а с 2003 г. - сейсмическая группа Акбулак [2]. Сейсмическая группа расположена в 188 км на юго-запад от инфразвуковой группы (рисунок 1).

Инфразвуковая группа (рисунок 2а) состоит из 8 микробарометров МВ2000, ее апертура 2 км. Сейсмическая группа включает 9 вертикальных скважинных сейсмометров и один трехкомпонентный сейсмометр (рисунок 2б). Апертура сейсмической группы – 4 км.

В районе расположения наблюдательных станций находится большое число предприятий горнодобывающей промышленности, где производится значительное количество промышленных взрывов.

Часто эти взрывы регистрируются и инфразвуковой, и сейсмической группами, что позволило использовать полученные записи сигналов для совместного сейсмоакустического анализа. В статье приведены результаты анализа сейсмических и инфразвуковых записей взрывов, произведенных в карьерах вблизи города Хромтау (рисунок 1б). Изучен период с 1-го по 180-й день 2004 г., т. е. период перехода от зимы к лету. Использование сейсмических записей позволило получить данные о таких параметрах взрывов как время в источнике и энергия, независимые от дня года. Инфразвуковые сигналы использованы для получения сезонно-зависимых портретов состояния атмосферы.



1 – сейсмическая группа Акбулак; 2 – инфразвуковая группа IS31-Актюбинск;  
3 – трехкомпонентная сейсмическая станция AS059-Актюбинск; 4 – карьеры; 5 – карьер Хромтау

Рисунок 1. Западный Казахстан. Взаимное расположение инфразвуковой группы IS31-Актюбинск, сейсмической группы Акбулак и карьеров

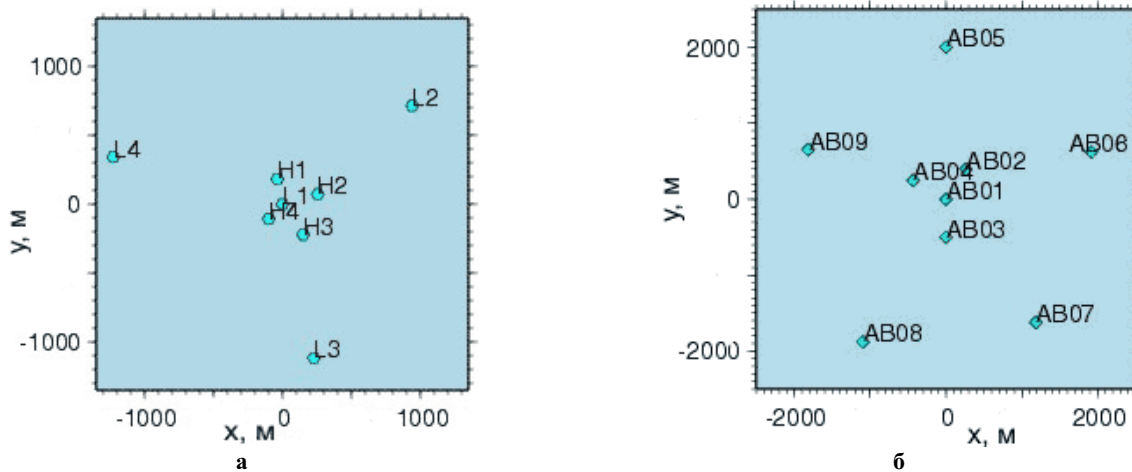


Рисунок 2. Конфигурация инфразвуковой группы IS31 Актюбинск (а) и сейсмической группы Акбулак (б)

Вычисленные значения амплитуды, азимута прихода и кажущейся скорости инфразвуковых сигналов были сопоставлены с изменениями параметров атмосферы, рассчитанными с использованием ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), а также данных метеостанции, которая установлена на инфразвуковой станции. Общее представление о структуре и динамике изменения атмосферы дает модель, построенная по данным ECMWF и приведенная на рисунке 3. Здесь показано изменение скорости зональных ветров (верхняя

часть), скорости меридиональных ветров (средняя часть) и температуры (нижняя часть) в зависимости от дня года и высоты.

Для выявления связи между состоянием атмосферы количеством и параметрами регистрируемых событий ко всем данным, полученным сейсмической и инфразвуковой станциями за изучаемый период, применен Фишеровский детектор во временной области для определения азимута прихода и кажущейся скорости сигнала (рисунок 4).

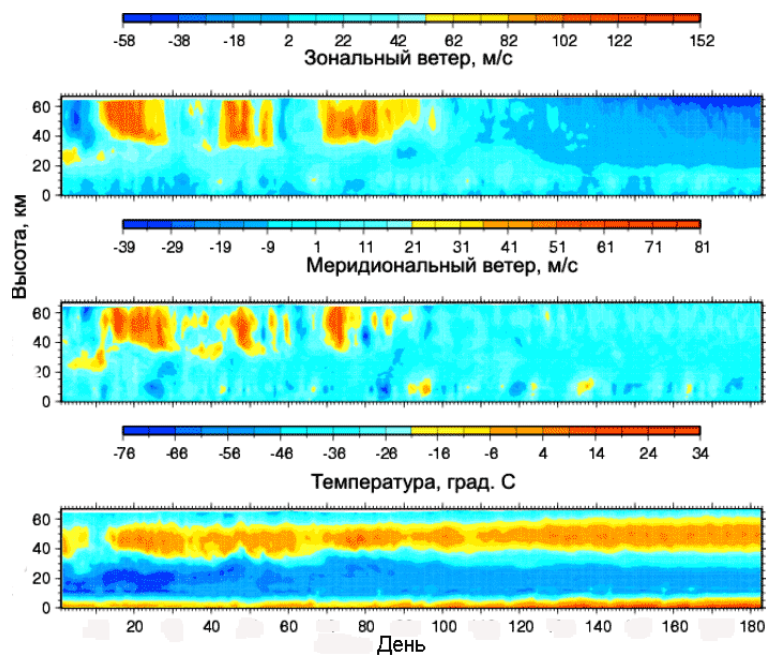


Рисунок 3. Зависимость скорости зональных ветров (вверху), меридиональных ветров (в центре) и температуры от дня года и высоты (по данным ECMWF). Данные первой половины 2004 г.

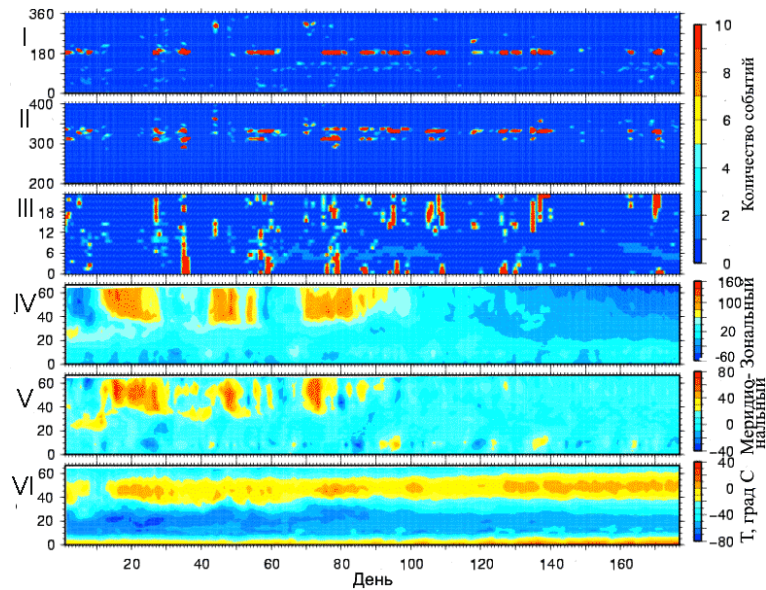


Рисунок 4. Количество событий в зависимости от дня года и азимута прихода(I), кажущейся скорости(II), времени дня (III). Модель атмосферы (IV – VI)

Красным цветом на рисунке выделены области, которым соответствует более 10 детектированных событий. Анализ диаграмм и сравнение их с моделями атмосферы, приведенными на рисунке 4, показал, что:

1. В течение исследуемого периода часто регистрируются данные от источника с баказимутом 190°.
2. Инфразвуковые сигналы, приходящие с запада исчезают по мере того, как зональные ветра весной меняют направление с западного на восточное.
3. Имеется несколько периодов, когда общее количество событий резко падает, например между 14 и 24, 37 и 43, 110 – 118, 140 и 150 днями. Это может быть вызвано отсутствием волноводов во время смены направления атмосферных ветров и наличием периодов высокой турбулентности, например, в жаркие летние дни.

Для изучения влияния состояния атмосферы на прохождение инфразвука был произведен сейсмоакустический анализ сигналов карьерных взрывов. За первые 6 месяцев 2004 г. сейсмическая группа Акбулак зарегистрировала 60 взрывов, произведенных в карьерах Хромтау, с магнитудой, не существенно различающейся для разных событий. Инфразвуковая группа зарегистрировала только 24 из 60 взрывов. На рисунке 5 показан пример сейсмических сигналов, использованных для определения времени в источнике.

На рисунке 6 показан пример записей инфразвуковой группы взрывов в карьере, произведенных 6 января (рисунок 6а) и 8 июня (рисунок 6б) 2004 г. Видно, что отношение сигнал/шум у записи зимнего взрыва выше, чем у записи летнего взрыва.

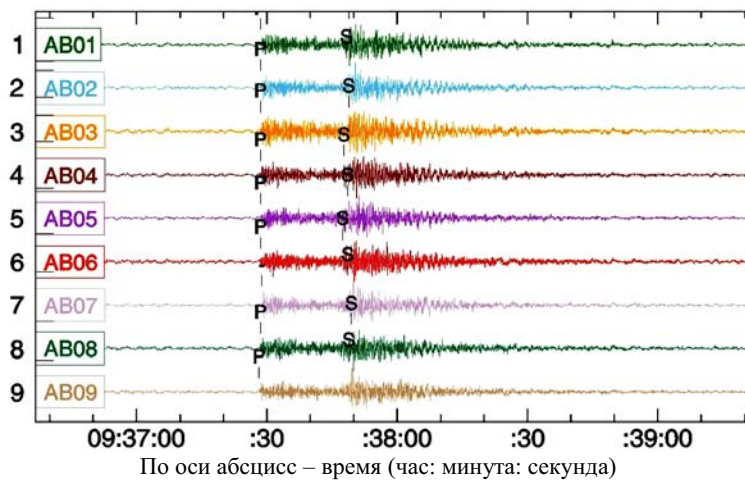
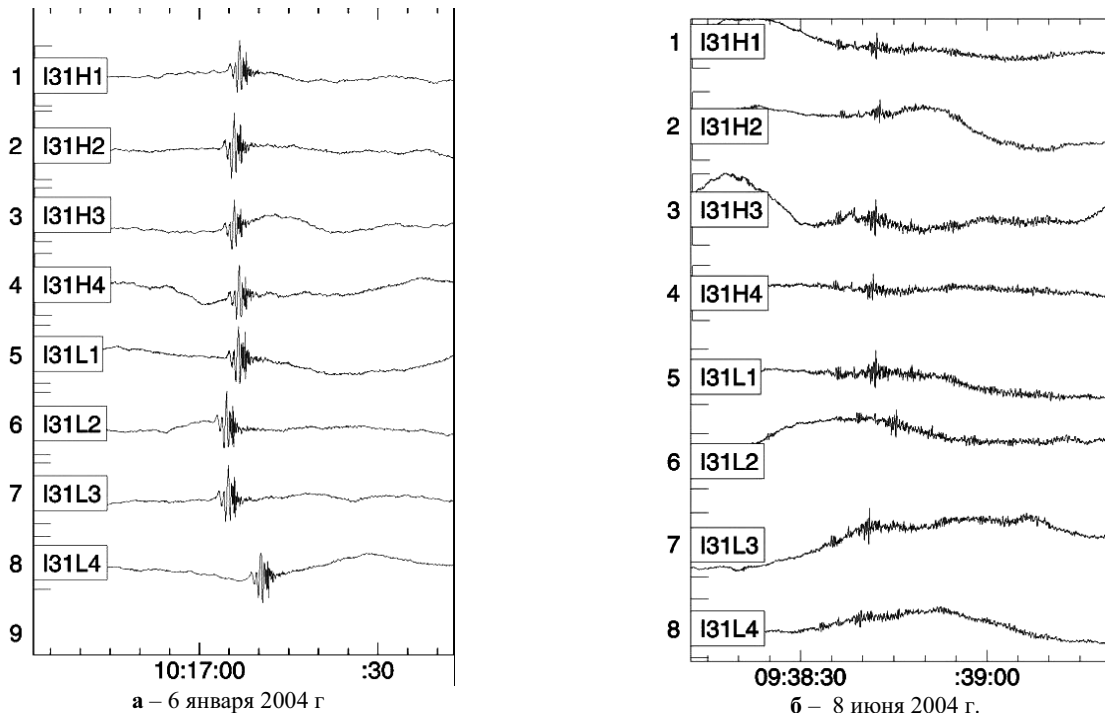


Рисунок 5. Пример сейсмического сигнала, использованного для определения времени в источнике

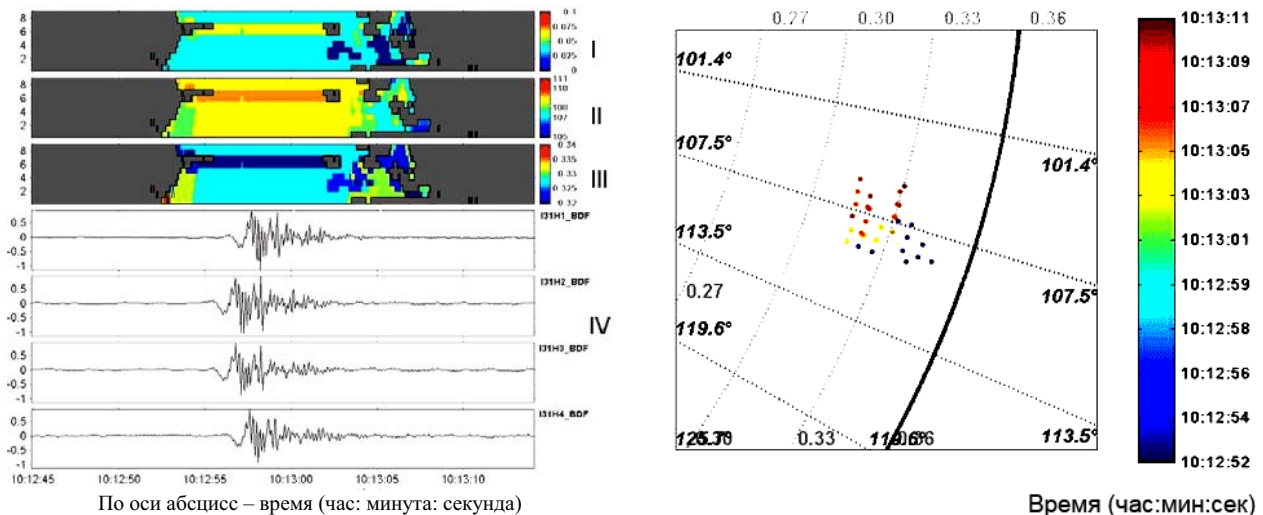


По оси абсцисс – время (час: минута: секунда)

Рисунок 6. Сигналы взрывов, зарегистрированных каналами инфразвуковой группы IS31-Актюбинск

Записи всех 24 взрывов, зарегистрированных инфразвуковой группой IS31-Актюбинск, были обработаны с применением программы, реализующей метод прогрессивной многоканальной корреляции - PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation; CEADASE-LDG, France). На рисунке 7 показаны исполь-

зованные волновые формы (рисунок 7 а, IV) и семейства, рассчитанные с применением PMCC (рисунок 7 а, I-III). На полярной диаграмме (рисунок 7 б) показано распределение элементарных детектированных в плане.



По оси абсцисс – время (час: минута: секунда)

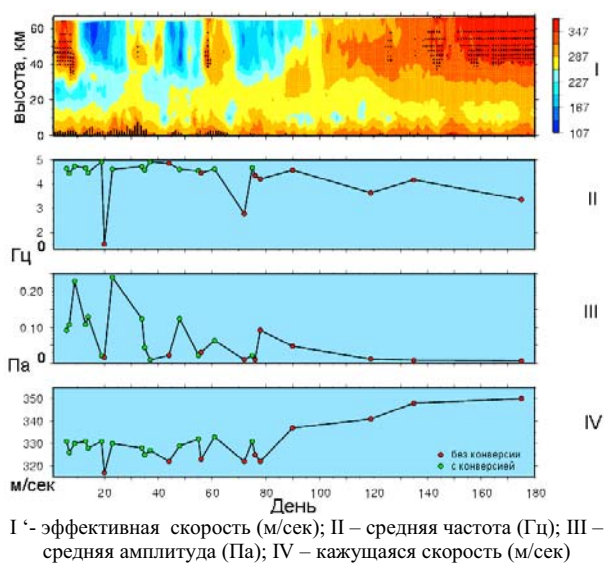
Время (час:мин:сек)

I – согласованность (сек); II – азимут (град); III – скорость (км/сек); IV – записи каналов H1 – H4

Рисунок 7. Результаты расчета программой PMCC параметров инфразвуковых сигналов зарегистрированных IS31-Актюбинск (а) и распределения элементарных детектированных (б)



Результаты расчетов программой РМСС записей карьерных взрывов приведены также на рисунке 8. Здесь показана зависимость от дня года средней частоты и амплитуды по семействам и кажущейся скорости. На рисунке 8, I показано распределение эффективной скорости звука в зависимости от высоты и дня года. Эффективная скорость звука – это скорость звука, рассчитанная с учетом температуры и поправки за ветер в направлении от места события до станции. Черными кружками показаны отражающие площадки в атмосфере. На рисунке 8, II – IV приведены графики частоты, амплитуды и кажущейся скорости, на которых значения параметра показаны зелеными кружками, если во время взрыва отражающие площадки в атмосфере существовали, и красными, – если их не было.



I – эффективная скорость (м/сек); II – средняя частота (Гц); III – средняя амплитуда (Па); IV – кажущаяся скорость (м/сек)

Рисунок 8. Результаты обработки программой РМСС инфразвуковой записи карьерного взрыва

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демин, В.Н. Новая инфразвуковая станция международной системы мониторинга в Казахстане IS31- «Актюбинск» / В.Н. Демин, В.Н., В.Г. Кунаков, А.А. Смирнов // Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2002. – Вып. 2. – С. 14 - 18.
2. Тейнор, Л. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций. / Л. Тейнор, Р. [и др.] // Вестник НЯЦ РК. – Курчатов: НЯЦ РК, 2004. – Вып.2. – С. 5 – 12.

## IS31-АКТӨБЕ СТАНЦИЯ АУДАНЫНДА КАРЬЕРЛЕРДЕГІ ЖАРЫЛЫСТАР СИГНАЛДАРЫН СЕЙСМО-АКУСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ИНФРАДЫБЫСТЫҚ ТОЛҚЫНДАР ӨТУІНЕ АТМОСФЕРА КҮЙІНІҢ ӘСЕРІН ЗЕРДЕЛЕУ

<sup>1)</sup>Еверс Л., <sup>2)</sup>Смирнов А.А., <sup>2)</sup>Аристова И.Л

<sup>1)</sup>Нидерланд Метеорология институты, Де Бильт, Голландия

<sup>2)</sup>ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Батыс Қазақстанның хромит карьерлерінің бірінде жүргізілген жарылыстарды сейсмоакустикалық талдауының нәтижелері келтірілген. 2004 ж. бірінші жарты жылдығында IS31-Ақтөбе инфрадыбыстық станциямен және Ақбулак сейсмикалық станциямен тіркелген жарылыстар сигналдарының құрауыштарын бірлестіріп қарау негізінде инфрадыбыстық толқындары өтуіне атмосфера күйінің маусымдық өзгерулерінің әсері зерделенген.

**SEISMO-ACOUSTIC ANALYSIS OF QUARRY BLASTS IN THE IS31- AKTYUBINSK REGION AND THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC CONDITIONS ON INFRASONIC WAVE PROPAGATION**

<sup>1)</sup> L. Evers, <sup>2)</sup> A.A. Smirnov, <sup>2)</sup> I.L. Aristova

<sup>1)</sup> *Netherlands Meteorological Institute (KNMI) AE De Bilt, the Netherlands*

<sup>2)</sup> *Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

The paper gives the results of seismo-acoustic analysis of the blasts carried out in one of the chromite winning quarry of the Western Kazakhstan. Seasonal change of the atmospheric conditions influence onto the infrasonic wave propagation has been studied using the records of infrasound and seismic components of the blasts signals registered by the infrasound station IS31-Aktyubinsk and the seismic station Akbulak for the first six months of 2004.