

12. Shapiro M. N., Solovev A. V. Formirovanie Vostochno-Kamchatskoy akkretsiionnoy prizmy trekovogo datirovaniya tsirkonov iz terrigennykh porod [Formation of East-Kamchatka accretionary prism track dating of zircons from clastic rocks]. *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics], Novosibirsk, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Publ. House, 2009, vol. 45, no. 11, pp. 1292–1302.

13. Yurochko A. I. Osobennosti veshchestvennogo sostava i fizicheskikh svoystv kremnistykh i glinisto-kremnistykh porod-kollektorov Okruzhnogo mestorozhdeniya nefii (o. Sakhalin) [Peculiarities of maternal composition and physical properties of siliceous and argillo-siliceous reservoir rocks in Okruzhnoye oil field (Sakhalin Island)]. *Geologiya nefii i gaza* [Oil and Gas Geology], 1981, no. 9, pp. 17–21.

14. Castagna J. P., Swan H. W., Foster D. J. Framework for AVO gradient and intercept interpretation. *Geophysics*, 1998, pp. 23–28.

15. Nakayama K. Hydrocarbon-expulsion model and its application to Niigata area. *AAPG Bulletin*, vol. 71, pp. 810–821.

ТЕХНОЛОГИЯ МОРСКОЙ 3D СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ «ARAM ARIES II»

Гуленко Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор

Кубанский государственный университет
350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Рудаков Александр Владимирович, аспирант

Кубанский государственный университет
350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149
E-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Цель работы – описание основных элементов рациональной технологии 3D сейсморазведочных работ, созданной при проведении полевых исследований на акватории Печорского моря. При проведении работ использовалась кабельная телеметрическая система сбора сейсмической информации «ARAM ARIES II», донные приемные устройства «PZ dual sensor» GS-PV-1S, а также группа из 12 пневматических излучателей «Bolt» 1900LL с общим объемом 24,24 л (1480 in3). При рабочем давлении сжатого воздуха 14 МПа амплитуда суммарного сигнала группы составляет 44,8 бар·м (peak–peak), степень гашения пульсаций (peak / bubble) – около 20. Использовалась центральная симметричная система наблюдений, расположение взрывных и приёмных линий – взаимно перпендикулярное. Расстояние между линиями приема составляло 400 м, между линиями возбуждения – 300 м. При этом расстояние между пунктами возбуждения равнялось 25 м, а между пунктами приема – 50 м. Количество активных каналов в расстановке составляло 960, а минимальная кратность прослеживания – 80. Для отработки площади использовалось 6 судов: судно-база с центральной регистрирующей станцией телеметрической системы «ARAM ARIES II»; судно-пингеровщик, оборудованное системой акустического позиционирования «Sonardyne»; судно-взрывпункт и 3 судна-раскладчика, а также 2 маломерных плавсредства – мотолодки RIB FAST-1000. В работе детально описана последовательность раскладки и перемещения приемных линий, пингеровки и отстрела расстановок. Описанная технологическая схема производственных сейсморазведочных работ МОГТ 3D в акватории Печорского моря, разработанная специалистами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», позволила оптимизировать качество и сроки выполнения работ в полевом сезоне 2012 г.

Ключевые слова: морская 3D сейсморазведка, кабельная телеметрическая система, центральная регистрирующая станция, сейсмический канал, групповой пневмоисточник, PZ dual sensor, линия пунктов приема, линия пунктов возбуждения

**TECHNOLOGY MARINE 3D SEISMIC SURVEY
WITH TELEMETRING SYSTEM «ARAM ARIES II»**

Gulenko Vladimir I.

D. Sc. in Technical, Professor

Kuban State University

149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation

E-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

Rudakov Aleksandr V.

Post-graduate student

Kuban State University

149 Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russian Federation

E-mail: gulenko@fpm.kubsu.ru

The purpose of the work is the description of a basic elements of rational technology 3D seismic survey works, created at carrying out of field researches on water area of the Pechora sea. At work the cable telemetering system gathering of the seismic information «ARAM ARIES II», bottom receiver «PZ dual sensor» GS-PV-1S, and also array of the 12 air guns «Bolt» 1900LL with total volume 24.24 l (1480 in³) was used. At working pressure of compressed air is 14 MPa the amplitude of a total signal of array makes 44.8 bar/m (peak–peak), degree of clearing of pulsations (peak / bubble) – nearby 20. The central symmetric observing system, arrangement of explosive and receiver lines – is orthogonal was used. The distance between receiver lines is made 400 m, between source lines – 300 m, thus distance between shotpoints equaled 25 m, and between receiver points – 50 m. The quantity of active channels in template made 960, thus the minimum fold made – 80. For working on researching area were used 6 vessels: a vessel-base with the central registering station of telemetering system «ARAM ARIES II», a navigator-vessel equipped with a system of acoustic positioning «Sonardyne», a source -vessel and 3 cable-vessels, and also 2 of small size motor-boats RIB FAST-1000. In work the sequence of an apportion and moving of receiver lines, acoustic positioning and shooting of a templates is in details described. Described of the technological scheme industrial seismic survey works 3D in water area of the Pechora sea, FSC "Yuzhmorgeologia" is developed by experts, has allowed to optimize quality and terms is performance of works in a field season of 2012.

Keywords: sea 3D seismic survey, cable telemetering system, the central registering station, the seismic channel, air guns array, PZ dual sensor, a receiver line , a source line

Северные районы нашей страны имеют наиболее высокие перспективы по приросту запасов углеводородов. Поэтому изучению шельфовых и транзитных зон северных морей и примыкающих к ним прибрежных территорий уделяется особое внимание. Одной из таких перспективных акваторий является Печорское море, где в сезоне 2012 г. компания ГНЦ ФГУГП «Южморгеология» проводила сейсмическую 3D съёмку. **Целью настоящей работы** является описание основных элементов рациональной технологии, созданной при проведении полевых исследований на объекте.

В качестве регистрирующего оборудования использовалась кабельная телеметрическая система сбора сейсмической информации «ARAM ARIES II» производства фирмы ARAM, Канада [8]. Система предназначена для выполне-

ния 2D/3D сейсмических работ. Она имеет модульное исполнение и состоит из центральной регистрирующей станции и комплекта независимых и взаимозаменяемых полевых модулей RAM и TAP. К каждому модулю RAM (Remote Acquisition Module) может быть подключен сейсмический кабель, который содержит 4 двухкомпонентных или 8 однокомпонентных сейсмических каналов. Зарегистрированная сейсмическая информация с каждого модуля в цифровом виде передается по кабелю на межлинейный коммутационный модуль TAP и далее на модуль обработки данных SPM (Seismic Processing Module) в центральную регистрирующую станцию. Далее данная информация записывается на магнитный носитель в требуемом формате. Основным режим работы системы – телеметрия в реальном времени, когда информация от всех каналов передается на центральную станцию непосредственно после каждого взрыва. Центральная регистрирующая станция системы показана на рисунке 1.

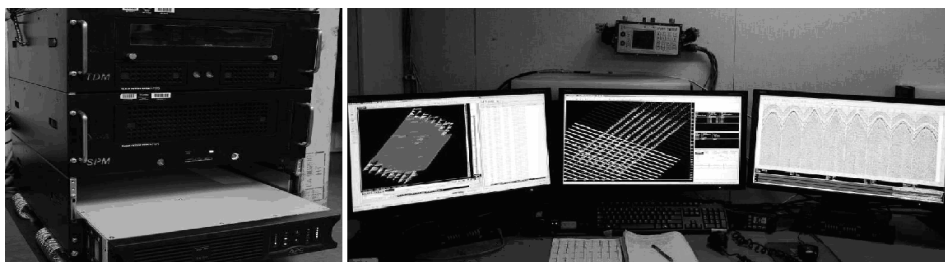


Рис. 1. Центральная регистрирующая станция системы «ARAM ARIES II»

Все забортное полевое оборудование системы «ARAM ARIES II»: полевые приемные модули RAM, межлинейные модули TAP, а также ионно-литиевые батареи для их питания – размещаются в герметичных морских корпусах и соединяются водонепроницаемым морским кабелем с усилием на разрыв свыше 700 кг (рис. 2).

В качестве источника сейсмических колебаний в акватории Печорского моря использовалась группа из 12 пневматических излучателей «Bolt» 1900LL. Она состояла из двух одинаковых линейных подгрупп с общим объемом 24,24 л (1480 in³), буксируемых на глубине 4 м с разномом 6 м. При рабочем давлении сжатого воздуха 14 МПа амплитуда суммарного сигнала, излучаемого в полосе частот 10–500 Гц в направлении акустической оси группы, составляет 44,8 бар·м (peak–peak). Степень гашения пульсаций (peak / bubble) – около 20. Питание источника сжатым воздухом осуществлялось компрессором «Hurricane SB7-44/2000». Для системы контроля и управления группой использовался контроллер «Big Shot».

На рисунке 3 приведен сигнал, излучаемый в направлении акустической оси группы – (а), а также его амплитудный спектр – (б).

В качестве приемников применялось донное приемное устройство «PZ dual sensor» GS-PV-1S, в котором для датчиков используются гидрофоны MP-25-250 и геофоны GS-30 CT. Такая комбинация датчиков часто применяется при сейсморазведке на акваториях, так как при использовании специальной обработки позволяет заметно улучшить качество материалов, полученных в условиях мелкого моря, а также повысить их информативность [1–3, 9].



Рис. 2. Забортное полевое оборудование системы «ARAM ARIES II»: полевые приемные модули RAM – (а), межлинейные модули TAP – (б), полевой модуль с батареями в герметичном морском корпусе – (в), ионно-литиевая батарея – (г)

Расположение взрывных (ЛПВ) и приёмных линий (ЛПП) – взаимно-перпендикулярное. Использовалась центральная симметричная система наблюдений. Расстояние между ЛПП составляло 400 м, между ЛПВ – 300 м. При этом расстояние между пунктами возбуждения (ПВ) равнялось 25 м, между пунктами приема (ПП) – 50 м. Количество активных каналов в расстановке составляло 960.

При первых же раскладках приемного устройства (ПУ) было выявлено, что точка сброса канала в воду не совпадает с его реальным местоположением. Это обусловлено наличием подводных течений и приливо-отливных явлений в районе работ. По этой причине были введены так называемые «оффлайны». Судно-раскладчик двигалось не по проектному профилю, а в стороне от него, на расстоянии. Его величина зависела от интенсивности приливо-отливного цикла, его направления и силы ветра.

Площадь работ включала в себя 10 полос, содержащих 503 шаблона. При этом минимальная кратность прослеживания составляла 80 (рис. 4).

Для отработки площади использовалось 6 судов: судно-база, судно-пингеровщик, судно-взрывпункт и 3 судна-раскладчика, а также 2 маломерных плавсредства – мотолодки RIB FAST-1000.

Рассмотрим детально технологическую схему отработки площади, начиная с 1-й полосы, последовательно перемещаясь с востока на запад. Крайние шаблоны в каждой полосе относятся к категории граничных и имеют усеченную структуру по линиям ПП (менее 120 активных каналов в линии) [6, 7].

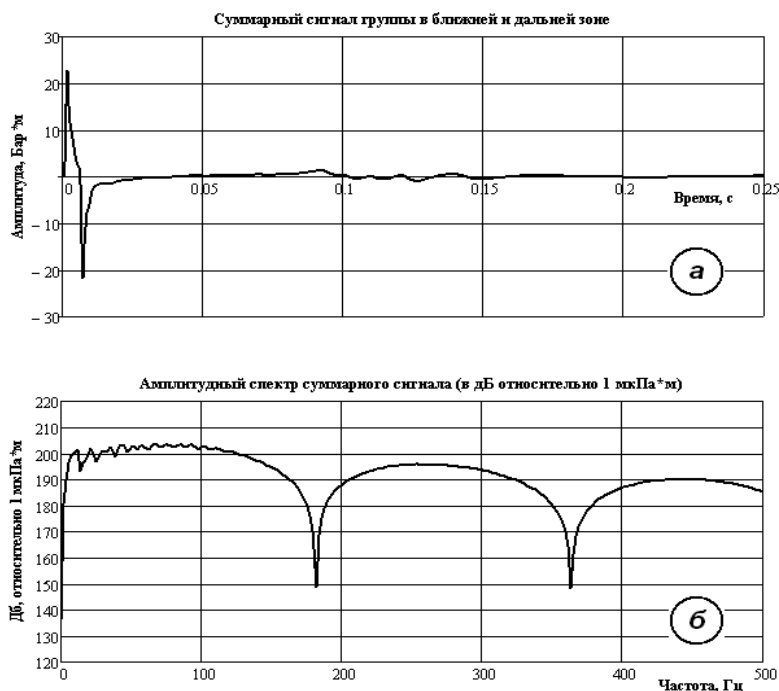


Рис. 3. Сигнал, излучаемый в направлении акустической оси группы – (а), его амплитудный спектр – (б)

1. Раскладка ПУ велась тремя судами-раскладчиками (рис. 5). Два судна-раскладчика размещали на борту по 36 км приемного устройства, что соответствует 720 каналам. Третье судно-раскладчик – 24 км ПУ и секции базовой линии общей длиной 13 км. Соответственно, два судна раскладывали по три линии приема, а третье – две линии приема и базовую линию. Сейсмический кабель сбрасывался с борта судна-раскладчика вручную или с помощью специально разработанного гидравлического подъемного устройства. ПУ раскладывалось на восьми линиях ПП, содержащих 1440 каналов: 8 ЛПП по 180 каналов, каждая длиной по 9 км. При этом крайние 2 канала в начале и конце каждой ЛПП являются неактивными. Таким образом, делалось смещение крайних буйковых пикетов с линии ПВ. Данное смещение позволяло судну-взрывпункту беспрепятственно двигаться по ЛПП.

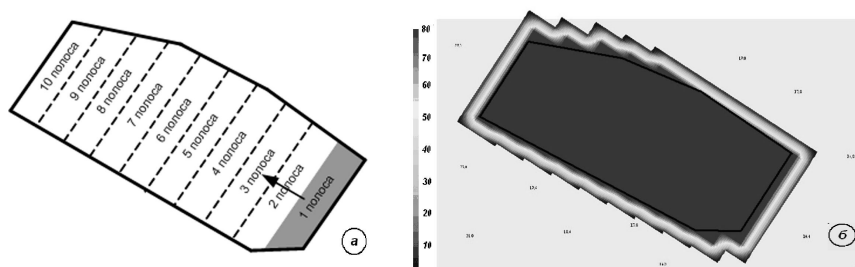


Рис. 4. Направление обработки площади – (а), кратность прослеживания – (б)

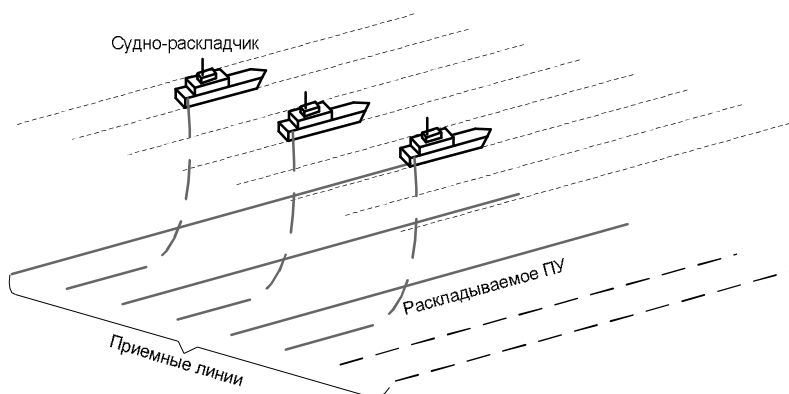


Рис. 5. Схема раскладки приемного устройства

Между ПП 5568 и 5569 линии пунктов приема соединялись поперечным кабелем базовой линии. Кабель подсоединялся к центральной регистрирующей станции, установленной на базовое судно. Соединение приемных линий с базовой линией осуществлялось с маломерного судна RIB FAST-100. Базовое судно с сеймостанцией находилось в 1200–2000 м от разложенного ПУ для исключения наводок и шумов на каналы от работающих механизмов судна. При разложенном приемном устройстве в 1440 каналов можно отработать 18 шаблонов.

2. По готовности первых линий с разложенным ПУ проводилась пингеровка приемного устройства (рис. 6). Судно-пингеровщик, оборудованное системой акустического позиционирования «Sonardyne», проходило над каждой разложенной ЛПП. Тем самым судно осуществляло контроль геометрии разложенного приемного устройства.

3. По окончании раскладки ПУ проводилось тестирование всей приемной расстановки. В случае неудовлетворительных результатов тестирования выполнялось устранение неполадок ПУ с заменой неисправных элементов.

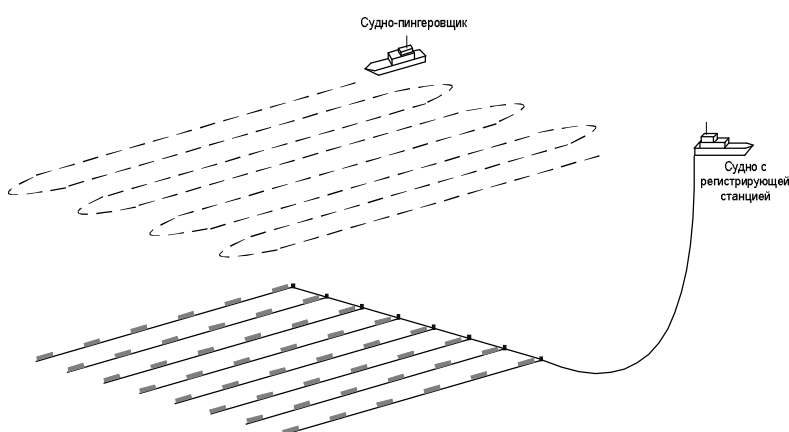


Рис. 6. Схема пингеровки приемного устройства

4. После завершения пингерования активной расстановки, при удовлетворительной геометрии ПУ, проводился отстрел линий ПВ с регистрацией сейсмических данных (рис. 7).

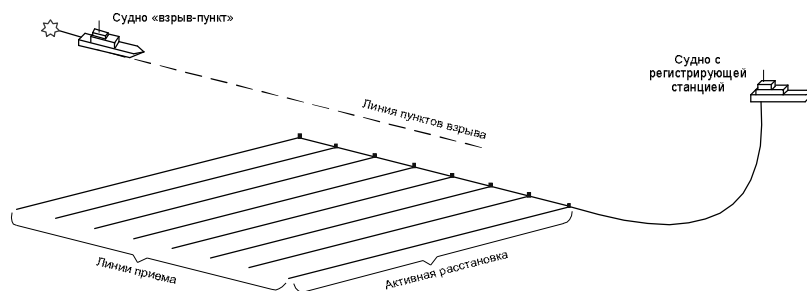


Рис. 7. Схема отстрела одного шаблона с регистрацией сейсмических данных

5. В процессе отстрела начальных шаблонов оставшиеся на борту судов-раскладчиков приемные устройства устанавливались далее на первой полосе.

6. В процессе отстрела освободившиеся каналы с каждой линии приема (по 2 км) поднимались и перекладывались в конец последнего установленного приемного устройства. Они подготавливали к отстрелу ПУ до конца 1-й полосы. Сборка происходила одновременно с отстрелом, при условии сохранения судами-раскладчиками необходимой дистанции до первых активных каналов обрабатываемой расстановки, во избежание их зашумления.

7. Вновь разложенное приемное оборудование пингеровалось и тестировалось.

8. В процессе отстрела первой полосы высвободившиеся каналы с южной части полосы поднимались и перекладывались на следующую 2-ю полосу.

Таким образом, каждая полоса (8 линий ПП) на площади обрабатывалась по вышеприведенному сценарию.

Разъединение приемного оборудования осуществлялось при его сборке судами-раскладчиками, а также, при необходимости, с помощью мотолодок RIB FAST 1000 (на «буйковых» пикетах). Подъем кабельных линий приемного оборудования производился гидравлическими подъемниками.

Описанная технологическая схема производственных сейсморазведочных работ МОГТ 3D в акватории Печорского моря, разработанная специалистами ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», позволила оптимизировать качество и сроки выполнения работ в полевом сезоне 2012 г.

Оптимизация производственного процесса проведения полевых работ является ключевым условием для успешного их выполнения [4, 5]. Четкое и строгое соблюдение порядка реализации вышеприведенной технологической схемы способствовало получению качественного сейсмического материала. Этот материал позволил решить поставленные геологические задачи, которые и являются основной целью проведения любых полевых сейсмических исследований.

Список литературы

1. Гуленко В. И. Особенности обработки данных морской сейсморазведки, полученных с донными приемниками на основе системы датчиков гидрофон+геофон / В. И. Гуленко, Д. П. Земцова, А. Н. Долинин, Ю. И. Коновалова // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2009. – № 3 (29). – С. 9–12.

2. Гуленко В. И. Технологии морской сейсморазведки на предельном мелководье и в транзитной зоне : монография / В. И. Гуленко, Б. В. Шумский. – Краснодар : Кубанский государственный университет, 2007. – 111 с.

3. Жгенти С. А. Использование синхронного PZ приема колебаний при сейсморазведке в транзитных зонах для подавления интерференции волн в ближней зоне приемника / С. А. Жгенти, Б. В. Запорожец, Д. П. Лещенко // Технологии сейсморазведки. – 2008. – № 3. – С. 46–51.
4. Захаров Н. В. Если нельзя, но очень хочется, то выполнимо / Н. В. Захаров, Б. В. Шумский, А. В. Рудаков // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – Т. 37, № 3. – С. 11–14.
5. Захаров Н. В. К вопросу оценки качества сейсмических материалов в условиях транзитных зон / Н. В. Захаров, А. В. Рудаков // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2012. – Т. 39, № 1. – С. 20–23.
6. Захаров Н. В. К вопросу оценки позиционирования пунктов наблюдения в сейсморазведке 3D, выполняемой в транзитных зонах / Н. В. Захаров, Б. В. Шумский, А. В. Рудаков // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2012. – Т. 42, № 4 (42). – С. 68–75.
7. Захаров Н. В. Техника и технология сейсмических исследований в условиях предельного мелководья и выполнения "безшовной" съёмки на границе вода-суша / Н. В. Захаров, Б. В. Шумский, А. В. Рудаков // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2012. – Т. 41, № 3. – С. 45–52.
8. Описание телеметрической сейсморегистрирующей системы «ARAM ARIES II» – материалы фирмы ION (ARAM Systems Ltd.). – 2011. – 143 с.
9. Dragoset W., Barr F. J. Ocean-bottom cable dual-sensor scaling / W. Dragoset, F. J. Barr // Soc. Expl. Geophys.: 64th Ann. Internat. Mtg. – 1994. – Pp. 857–860.

References

1. Gulenko V. I., Zemtsova D. P., Dolinin A. N., Konovalova Yu. I. Osobennosti obrabotki dannykh morskoy seysmorazvedki, poluchennykh s donnymi priemnikami na osnove sistemy datchikov gidrofon+geofon [Feature of data processing of marine seismic prospecting obtained with ground receivers on the basis of system of gauges hydrophone+geophone]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and systems of exploration geophysics], 2009, no. 3 (29), pp. 9–12.
2. Gulenko V. I., Shumskiy B. V. *Tekhnologii morskoy seysmorazvedki na predelnom melkovode i v tranzitnoy zone* [Technologies of marine seismic prospecting on limiting shoal and in a transit zone], Krasnodar, Kuban State University Publ. House, 2007. 111 p.
3. Zhgenti S. A., Zaporozhets B. V., Leshchenko D. P. Ispolzovanie sinkhronnogo PZ priema kolebaniy pri seysmorazvedke v tranzitnykh zonakh dlya podavleniya interferentsii voln v blizhney zone priemnika [Use of synchronous PZ reception of fluctuations at seismic prospecting in transit zones for suppression of an interference of waves in a near zone of the receiver]. *Tekhnologii seysmorazvedki* [Technologies of seismic prospecting], 2008, no. 3, pp. 46–51.
4. Zakharov N. V., Shumskiy B. V., Rudakov A. V. Yesli nelzya, no ochen khochetsya, to vpolnimo [If is impossible, but very much it would be desirable, it is possible]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and systems of pexploration geophysics], 2011, vol. 37, no. 3, pp. 11–14.
5. Zakharov N. V., Rudakov A. V. K voprosu otsenki kachestva seysmicheskikh materialov v usloviyakh tranzitnykh zon [To a question of an estimation of quality of seismic data in the conditions of transit zones]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and systems of exploration geophysics], 2012, vol. 39, no. 1, pp. 20–23.
6. Zakharov N. V., Shumskiy B. V., Rudakov A. V. K voprosu otsenki pozitsionirovaniya punktov nablyudeniya v seysmorazvedke 3D, vpolnyaemoy v tranzitnykh zonakh [To a question of an estimation of positioning of observation points in seismic prospecting 3D, carried out in transit zones]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and systems of exploration geophysics], 2012, vol. 42, no. 4(42), pp. 68–75.
7. Zakharov N. V., B. V. Shumskiy, A. V. Rudakov *Tekhnika i tekhnologiya seysmicheskikh issledovaniy v usloviyakh predelnogo melkovodya i vpolneniya "bezshovnoy" semki na granitse voda-susha* [Technique and technology of seismic surveys in the conditions of limiting shoal and performance "cutless" shootings on border water-land]. *Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki* [Devices and systems of exploration geophysics], 2012, vol. 41, no. 3, pp. 45–52.
8. *Opisanie telemetricheskoy seysmoregistriruyushchey sistemy «ARAM ARIES II» – materialy firmy ION (ARAM Systems Ltd.)* [Description of telemetric seismoregistration system «ARAM ARIES II» - materials ION firm (ARAM Systems Ltd.)], 2011. 143 p.
9. Dragoset W. Barr F. J. Ocean-bottom cable dual-sensor scaling. *Soc. Expl. Geophys.: 64th Ann. Internat. Mtg*, 1994, pp. 857–860.