ГЕОЛОГИЯ И ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

УДК
550.8.02:658.012.2
© Коллектив
авторов, 2018

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ГАЗОНОСНОСТИ КОНЬЯК-САНТОНСКОГО ЯРУСА НА ТЕРРИТОРИИ НОЯБРЬСКОГО РЕГИОНА И ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ

GAS POTENTIAL PROSPECTS ASSESSMENT OF CONIACIAN-SANTONIAN AGE SEDIMENTS IN NOYABR'SKY REGION AND PLANNING OF PILOT WORKS

Р.Н. Асмандияров, А.В. Буторин, к.г.-м.н., **К.А. Попов, Т.М. Салихов, Р.Р. Хайдарова, Г.Г. Ященко**
Научно-Технический Центр «Газпром нефти» (ООО «Газпромнефть НТЦ»)

Электронные адреса: Butorin.AV@gazpromneft-ntc.ru

Ключевые слова: газ, оценка потенциала, сейсморазведка, коньякский ярус

R.N. Asmandiyarov, A.V. Butorin, K.A. Popov, T.M. Salikhov, R.R. Khaidarova, G.G. Yashchenko
Gazpromneft NTC LLC, RF, Saint-Petersburg

The aim of the work is the regional mapping of the Coniacian-Santonian sediments potential in the territory of the Noyabr'sky region. The study used all available geological and geophysical information on the region. Mapping of structural "bright spot" anomalies in seismic data was performed and the reservoir potential index was determined according to well log data. Based on the information obtained, the most promising areas identified and an optimal approach to the planning of pilot for both new and the old wells proposed.

Keywords: gas, assessment, seismic, Coniacian age

DOI: 10.24887/2587-7399-2018-3-12-17

ВВЕДЕНИЕ

В статье описаны результаты исследования по оценке перспектив продуктивности отложений коньяк-сантонского яруса в пределах Ноябрьского региона с привлечением региональной геолого-геофизической базы данных.
Отложения коньяк-сантонского яруса уверенно прослеживаются по сейсмическим и скважинным данным, что позволяет провести региональную корреляцию соответствующих отражающих горизонтов (ОГ) и выделить стратиграфический объем пласта. Несмотря на небольшую толщину коллекторов, газонасыщение приводит к формированию аномалий типа яркого пятна в структуре волнового поля, по которым отмечаются наиболее перспективные участки для испытаний транзитных скважин.

Результатом исследований, выполненных впервые на территории Ноябрьского региона, является региональная карта перспективности отложений коньяк-сантонского яруса с оценкой геологических запасов газа, а также возможная программа опытно-промышленных работ (ОПР), направленных на снятие основных неопределенностей.

ИЗУЧЕННОСТЬ СЕЙСМОРАЗВЕДКОЙ

Для формирования региональной базы данных с целью построения региональных моделей был использован полный объем имеющейся геофизической информации: данные метода общей глубинной точки (МОГТ) 3D (20 тыс. км^2), более 1500 профилей МОГТ 2D (как региональной сети, так и детальных съемок), более 1000 поисково-оценочных и разведочных скважин. Весь объем данных (**рис. 1**) был собран в единой геолого-геофизической системе, сейсмический материал увязан по реперным ОГ Г и Б, отвечающим соответственно кровле сеноманских и баженовских отложений.

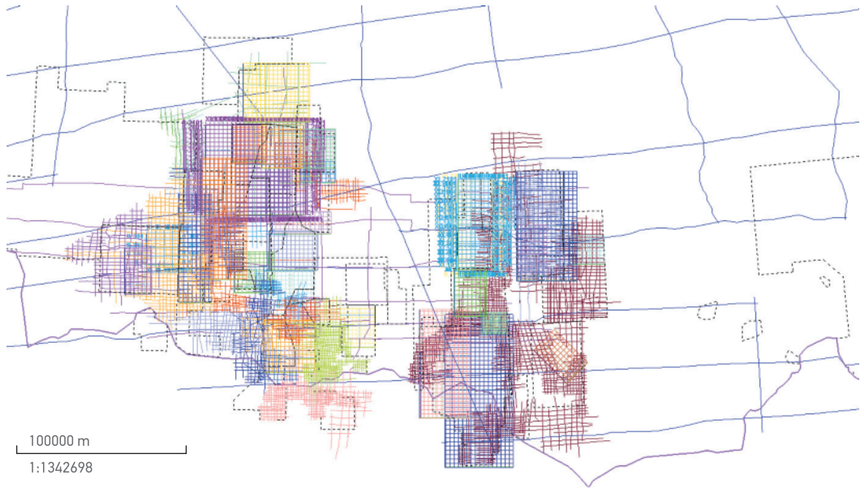

Рис. 1. Совокупный объем сейсмической информации, использованный в проекте

Отложения коньяк-сантонского яруса образуют выдержанный отражающий горизонт в верхней части разреза, располагающийся над реперным отражением сеноманского комплекса (ОГ Г). Выдержанность отражения позволяет проследить его в региональном масштабе по площадным и профильным сейсмическим материалам. Пересчет построений в глубинную область может быть выполнен с привлечением скважинной информации по региону в пределах известных месторождений.
На **рис. 2** показана результирующая структурная карта по кровле коньяк-сантонских отложений Ноябрьского региона. Из **рис. 2** видно, что строение региона достаточно контрастное, возможно разделение территории на западную и восточную части. На территории восточной части выделяются купольные поднятия, к которым приурочены крупные месторождения – Вынгаяхинское, Еты-Пуровское, Новогоднее и Вынгапуровское. В западной части морфология структурной поверхности значительно более выдержанная – наблюдается плавное воздымание в южном направлении с редкими локальными куполами, на которых расположены Муравленковское и Сутормин-ское месторождения.
Более детальный анализ сейсмических данных в пределах месторождений позволяет выделить и оконтурить потенциально газо-

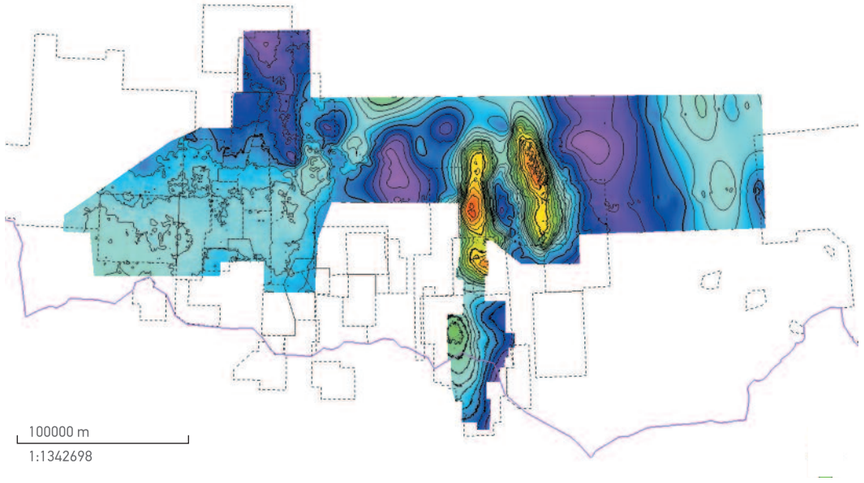

Рис. 2. Результирующая структурная карта кровли коньяк-сантонских отложений

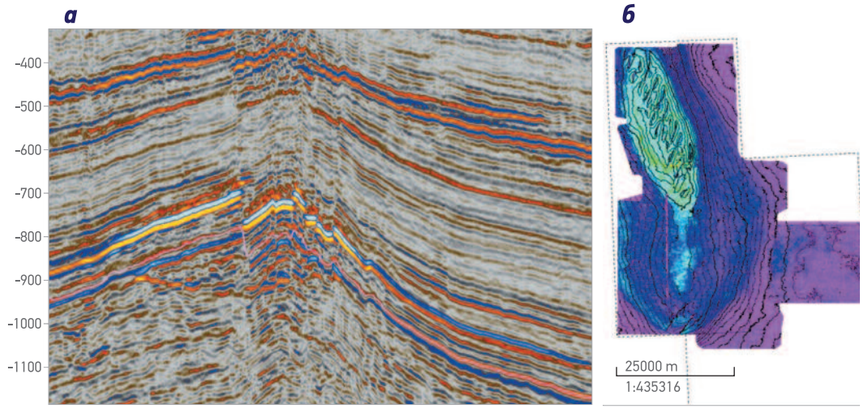

Рис. 3. Характерный разрез верхней части осадочного чехла (*а*) и карта амплитуд с выраженной аномалией типа «яркое пятно» (*б*)

насыщенные участки по характерным аномалиям типа «яркое пятно» (**рис. 3**), приуроченным к апикальным частям структур. Газонасыщенные интервалы характеризуются значительным контрастом упругих свойств, что приводит к интенсивному отражению и формированию аномальных амплитуд отраженных волн. Связь аномальных амплитуд и газонасыщения установлена по косвенному признаку – приуроченности аномальных участков к структурным поднятиям, в данном случае контур «яркого пятна» полностью коррелирует с изолиниями структурной поверхности, что делает предположение о влиянии типа флюида приоритетным.

Выделение более перспективных участков внутри аномалий представляется достаточно сложным. Целевые отложения залегают неглубоко, что приводит к существенному влиянию поверхностных условий и системы наблюдения на значения амплитуд.

Осложняющим фактором могут быть разрывные нарушения, проявленные в крупных купольных поднятиях.

По результатам анализа региональных сейсмических данных построены структурные карты кровли коньяк-сантонских отложений, а также контура аномалий типа «яркого пятна», непосредственно связанных с возможным газонасыщением.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Коньяк-сантонский ярус в пределах Ноябрьского региона представлен березовской свитой, которая подразделяется на две подсвиты: нижнюю и верхнюю (**рис. 4**). Верхняя подсвита сложена глинами, участками опоковидными, с включениями глауконита и сидерита. Толщина верхней подсвиты изменяется от 40 до 120 м. Нижняя подсвита сформирована опоками голубовато-серыми, с прослоями песчано-алевролитовых пород. Толщина нижней подсвиты варьируется от 35 до 100 м. Для березовской свиты в целом характерно присутствие зерен глауконита, ихтиофауны, а также фораминифер и радиолярий [1].

Формирование отложений происходило в

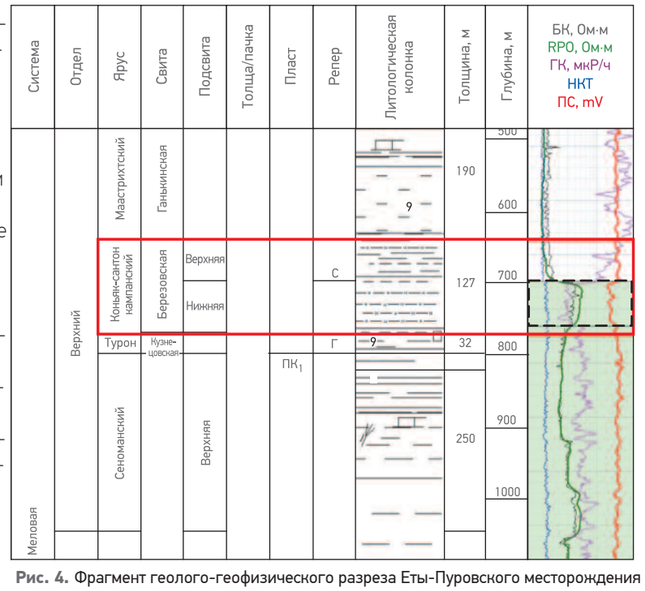

Рис. 4. Фрагмент геолого-геофизического разреза Еты-Пуровского месторождения

условиях регрессии моря (в период низкого стояния моря коньяк-сантонского яруса). В пределах мелководного шельфа накапливался песчаный осадок. Повышенное содержание кремниевой органики указывает на поступление в морской бассейн значительного количества кремнезема [2].

Привязка к региональной модели осадконакопления и результаты интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС) Ноябрьского региона показывают, что потенциальный коллектор приурочен к нижнеберезовской подсвите. Наличие коллектора фиксируется по пониженным показаниям гамма-каротажа (ГК/GR) и росту значений удельного электрического сопротивления (УЭС) (**рис. 5**). Разница УЭС в скважинах сводовых и переклинальных частей структур составляет 5–20 Ом·м, что косвенно указывает на возможное насыщение углеводородами. Значения сопротивлений кузнецовской свиты туронского яруса и верхнеберезовской подсвиты, равные 2–3 Ом·м, существенно не меняются в зависимости от структурных условий [3, 4].

При определении наиболее перспективных для детального изучения зон березовской свиты использовался индекс потенциала пласта. Данный индекс характеризует фильтрационные свойства коллектора и его насыщение, определяется произведением показаний метода потенциалов самопроизвольной поляризации $\alpha_{ПС}$ на УЭС. Для ранжирования и определения первоочередных участков для проведения ОПР в первую очередь учитывались структурный фактор и результаты атрибутного анализа сейсмических данных, а также комплексный параметр нормализованных кривых ПС (SP) и индукционного каротажа (ИК). Таким образом, определены наиболее перспективные зоны в районе Еты-Пуровского, Вынгаяхинского и Муравленковского месторождений.

По выделенным сейсмическим аномалиям и результатам интерпретации данных ГИС проведена оценка потенциальных запасов газа. Закартированы участки аномальных амплитуд, приуроченных к купольным поднятиям - общая площадь прогнозной газонасыщенности по трем участкам составляет более 600 км^2. Эффективная продуктивная толщина оценена по данным ГИС и в среднем составляет 10–15 м, пористость – 14–15 %. Следует учитывать, что отложения свиты характеризуются пониженной проницаемостью и представлены коллектором трещинно-порового типа, поэтому их изучение и разработка требуют принципиально новых подходов.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОПР

Несмотря на доказанную продуктивность отложений коньяк-сантонского яруса на многих месторождениях Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), изученность данных отложений крайне низкая. Основные причины – небольшая эффективная толщина и наличие в разрезе глинистых опок, которые затрудняют получение достоверных данных ГИС. Гидрофильность опок и опоковидных глин при взаимодействии с буровыми растворами и технической водой приводит к формированию значительных зон проникновения. Для снятия имеющихся неопределенностей необходимо планирование ОПР, направленных на решение проблемы недостаточной изученности и выбор оптимальной системы разработки.

Снятие геологических неопределенностей возможно с помощью отбора и исследования керна в совокупности с применением рас-

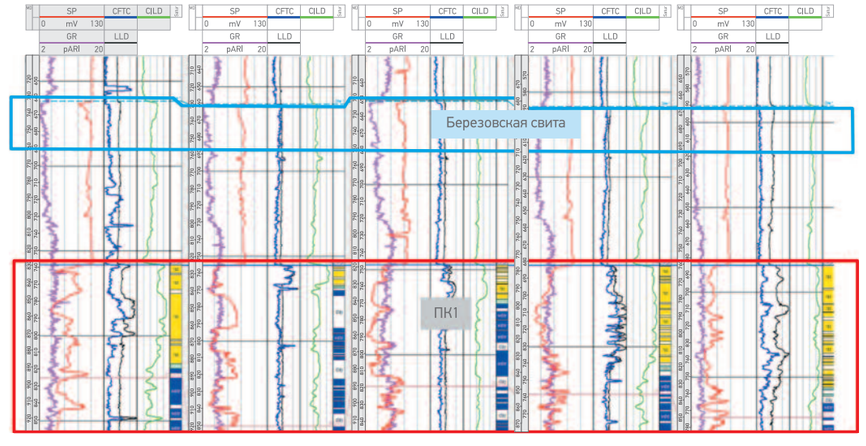

Рис. 5. Схема корреляции по скважинам Вынгаяхинского месторождения

ширенного комплекса ГИС, что позволит сформировать петрофизическую модель. При лабораторных исследованиях керна необходимо предусмотреть расширенную программу, которая должна включать литологические, петрофизические и петрографические исследования, а также специальные исследования по подбору буровых растворов (разбухание опоковидных глин может негативно повлиять на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) коллекторов).

ПРОВЕДЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗВОЛЯЕТ СДЕЛАТЬ ВАЖНЫЙ ВЫВОД – ОТЛОЖЕНИЯ КОНЬЯК-САНТОНСКОГО ЯРУСА СОДЕРЖАТ ДОСТАТОЧНЫЕ ЗАПАСЫ ГАЗА И ИМЕЮТ НЕОБХОДИМУЮ ЭФФЕКТИВНУЮ ГАЗОНАСЫЩЕННУЮ ТОЛЩИНУ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ В САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ РАЗРАБОТКИ

Применение расширенного комплекса ГИС, включая геохимический спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГКс), ядерно-магнитный (ЯМК), многочастотный волновой диэлектрический (МВДК) каротажи, гамма-гамма-каротаж (ГГК), акустический каротаж (АК), позволит выполнить достоверную оценку ФЕС пластов с учетом минерального состава, в том числе содержания опала и кристаллического кварца. Проведение геохимического ИНГКс должно сопровождаться отбором керна для калибровки и корректной интерпретации минерального состава породы.
Сопоставление данных ЯМК и МВДК даст возможность определить объем подвижного и неподвижного газа. Для оценки продуктивности и проницаемости опок березовской свиты рекомендуется проводить опробования и регистрацию кривой восстановления давления с помощью испытателя пластов на кабеле.
Следует отметить, что изучение березовской свиты возможно и по старому фонду скважин. Для этого рекомендуется провести С/О каротаж, импульсный нейтрон-нейтронный каротаж и плотностной гамма-гамма-каротаж. Необходимо также запланировать проведение простреочно-взрывных работ. В рамках данного исследования определены скважины-кандидаты Еты-Пуровского месторождения для изучения и подтверждения продуктивности отложений коньяк-сантонского яруса.
Выбор способа добычи газа зависит от комплекса факторов, но ключевым должна быть экономическая целесообразность. Однако без дополнительных данных по залежи решить данную задачу на начальном этапе весьма трудно.

Рассмотрим несколько этапов подтверждения продуктивности отложений коньяк-сантонского яруса.
На первом этапе предусматривается пробная эксплуатация коньяк-сантонского яруса только скважинами существующего транзитного фонда. По Еты-Пуровскому и Вынгаяхинскому месторождениям пробурено достаточное число скважин на нижележащие нефтегазоносные горизонты. Задачей оценочных скважин является изучение добычных возможностей залежи, эффективности применения различных систем и технологий воздействия на залежь. По месторождениям необходимо определить несколько скважин (соответствующих требованиям по техническому состоянию) в пределах контура газоносности. Расположение скважин предпочтительно выбрать на высоких абсолютных отметках по центру залежи, находящихся в контуре аномалии типа «яркое пятно». Для уточнения площади залежи следует рассмотреть скважины на более низких отметках, ближе к контуру сейсмической аномалии.
Первый этап на основе геофизических, гидродинамических исследований и отбора проб должен дать возможность уточнить следующие параметры:
– геолого-физические свойства пород-коллекторов (проницаемость, общая и эффективная толщины, зональная и послойная неоднородность и др.);
– физико-химические свойства пластовых флюидов;
– условия залегания пластов, фазовые состояния углеводородов в пластовых условиях;
– возможности техники и технологии эксплуатации скважин.
Второй этап на основе полученных данных предусматривает формирование системы разработки сеткой горизонтальных скважин. Горизонтальные скважины, пробуренные на сотни метров по простиранию пласта, вскрывают в неоднородных эксплуатационных объектах зоны с различной проницаемостью, что существенно повышает производительность скважин и извлечение газа.
Однако на Вынгаяхинском и Еты-Пуровском месторождениях нет опыта бурения горизонтальных скважин на небольшие глубины (600–800 м). Технология бурения горизонтальных скважин предусматривает набор зенитного угла в точке входа в пласт 80–85°, следовательно, его необходимо начать от устья. В настоящее время в ряде случаев с использованием современных установок наклонный ствол бурится под зенитным углом только от 3–5°.
Бурение боковых горизонтальных стволов на пласт в данных геотехнических условиях невозможно. По траектории необходим набор зенитного угла до 80-85°, однако с учетом глубины залегания пласта (600–800 м) данная технологическая задача неразрешима, «окно» вырезки, учитывая конструкцию скважин, попадает в интервал наличия трех колонн (направление, кондуктор и эксплуатационная).
Высокая плотность породы и, как следствие, низкие ФЕС предопределяют необходимость применения технологии гидроразрыва пласта (ГРП). Однако в связи с близостью газоносного пласта $ПК_1$ на Еты-Пуровском и Вынгаяхинском месторождениях необходимо при планировании ГРП учитывать геометрию трещин, общая высота трещин по скважине не должна превышать 40–50 м.
При разработке коньяк-сантонского яруса необходимо решать и экологические задачи, поскольку пласт расположен неглубоко относительно поверхности земли. Этот фактор требует соблюдения всех технологических норм при бурении скважин и проведении ГРП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Березовская свита коньяк-сантонского возраста является потенциально газоносным объектом в пределах Ноябрьского региона, при этом она крайне слабо изучена [3, 4].
Проведенное исследование позволяет сделать важный вывод – отложения коньяк-сантонского яруса содержат достаточные запасы газа и имеют необходимую эффективную газонасыщенную толщину для выделения в самостоятельный объект разработки.
В настоящее время предполагаемые залежи газа уверенно фиксируются по данным сейсморазведки и результатам интерпретации данных ГИС. Благодаря новой методике по индексу потенциала пласта впервые выделены и ранжированы наиболее перспективные зоны для проведения ОПР. Данный подход рекомендуется тиражировать на всех месторождения ЯНАО для оценки и изучения ресурсного потенциала отложений березовской свиты.
Таким образом, по геофизическим данным определена интегральная площадь перспективных отложений, составляющая более 600 км^2. В статье предложен оптимальный подход к планированию ОПР как в новых скважинах, так и в скважинах старого фонда. Рекомендованная программа исследований призвана в полной мере обеспечить поступление информации, необходимой для дальнейшего проектирования, и прояснить вопросы, касающиеся оптимальных режимов работы скважин при разработке трудноизвлекаемых запасов газа. Необходимо учитывать, что вследствие пониженных ФЕС пластов существует вероятность применения налогового стимулирования, что существенно повысит рентабельность введения данных отложений в разработку.

Список литературы
1. *Подобина В.М.* Типовой разрез коньякского яруса Западной Сибири и его микропалеонтологическая характеристика // Природокомплекс Томской области: Т1: Геология и экология. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1995. – С. 52-65.
2. *Нежданов А.А., Огибенин В.В.* Строение и перспективы газоносности сеноманских отложений севера Западной Сибири // Газовая промышленность. – 2012. – Спецвыпуск. – С. 32-37.
3. *Агалаков С.Е., Стариков В.А.* Оценка ресурсов газа в опоках березовской свиты на севере Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2003. – № 6. – С. 511-516.
4. *Бакуев О.В.* Перспективы нефтегазоносности березовской свиты на территории ХМАО и сопредельных районов // Вестник ХМАО. – 2002. – № 11. – С. 30-37.

Reference
1. Podobina V.M., *Tipovoy razrez kon'yakskogo yarusa Zapadnoy Sibiri i ego mikropaleontologicheskaya kharakteristika* (Typical section of the Cognacian stage of Western Siberia and its micro-palaeontological characteristics), Collected papers "Prirodokompleks Tomskoy oblasti" (Tomsk Oblast Nature Complex), Part 1 "Geologiya i ekologiya" (Geology and Ecology), Tomsk, 1995, pp. 52-65.
2. Nezhdanov A.A., Ogibenin V.V., *The structure and prospects of the gas content of Senonian deposits in the north of Western Siberia* (In Russ.), Gazovaya promyshlennost', 2012, Special Issue, pp. 32-37.
3. Agalakov S.E., Starikov V.A., *Estimation of gas resources in gaize of the Berezovskaya formation in northern West Siberia* (In Russ.), Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics, 2003, no. 6, pp. 511-516 .
4. Bakuev O.V., *Prospects of oil and gas potential of the Berezovsky suite on the territory of KhMAO and adjacent areas* (In Russ.), Vestnik nedropol'zovatelya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga, 2002, no. 11, pp. 30-37.