

Мониторинг резонансов гравитационных приливов для целей геологоразведки на нефть и газ

А.А. Кабанов

аспирант¹, инженер²
weller86@inbox.ru

В.Г. Сибгатулин

заслуженный геолог РФ, геофизик²
ec_ropr@mail.ru

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

² Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

Обоснованы физические предпосылки использования резонансов гравитационных приливов для прямого прогноза залежей углеводородов. Разработана технология прогноза времени наступления резонансов гравитационных приливов в Земной коре на основе графического суммирования нормированных кривых основных гравитирующих факторов (расстояние Земля-Луна, фазы Луны, положение барицентра системы Земля-Луна). Предложен геофизический комплекс для мониторинга резонансов гравитационных приливов нефтегазоперспективных площадей: низкочастотная (от 1,0 до 5,0 Гц) и ультранизкочастотная (от 0,1 до 1,0 Гц) сейсморазведка, естественное импульсное электромагнитное поле Земли, газгеохимический мониторинг на радон и углеводородные газы. На основе мониторинга гравитационных приливов и их резонансов в Земной коре показана возможность создания технологии регистрации реакции нефтегазовых залежей на приливные воздействия.

Материалы и методы

До настоящего времени аналитическое решение для прогноза приливов в океанах не найдено. Информация об использовании гравитационных приливов в земной коре для

Методы пассивной сейсморазведки

Для прогноза нефтегазовых залежей (НГЗ) используются различные методы «пассивной» сейсморазведки, принципиальные возможности которой обоснованы ещё в 80-х годах XX столетия академиком Садовским М.А. [1].

Достаточно давно (с 1995 года) известен эффект «Анчар» [2], когда на фоне собственных сейсмических шумов геологической среды нефтегазовая залежь (НГЗ) проявляется низкочастотными (1,0–4,0 Гц) аномалиями. Однако, на фоне многочисленных мешающих факторов, надёжно зафиксировать низкочастотные аномалии от НГЗ крайне трудно и поэтому технологию «Анчар» приходится сопровождать дорогостоящими искусственными источниками возбуждения. Аналогом технологии «Анчар» является метод низкочастотных сейсмических зондирований (НСЗ), разработанный ЗАО «Градиент» в Казани [3]. Прогноз залежей углеводородов по характеристикам микросейсм по данным сейсморазведки разрабатывает группа Ведерникова Г.В. в Новосибирске [4].

Физические предпосылки

Гравитационные приливы в Земной коре известны со времён Ньютона, однако изучены значительно хуже приливов в океанах и морях. До настоящего времени аналитическое решение для прогноза приливов в океанах не найдено. Практика судоходства базируется на простых «канальных» моделях Эри [5] и вычислительном моделировании приливов.

В последние десятилетия морские приливы используются также для выработки электроэнергии, так как приливы обладают огромной энергией.

Информация об использовании гравитационных приливов в земной коре для целей геологоразведки в доступных источниках отсутствует.

Физические предпосылки использования гравитационных приливов для прямого прогноза залежей нефти и газа сводятся к следующему:

1. Нефтегазовая залежь — подвижный флюид в некотором объёме Земной коры. Размеры флюидной «ванны» (залежи) колеблются в широких пределах от нескольких сот метров до десятков и сотен километров при «толщине» залежи от одного до сотни метров.
2. Гравитационные приливы в Земной коре приводят к колебаниям поверхностей, ограничивающих залежь (на 30–40 см ежедневно на средних широтах 40–60°) [5].

Гравитационные приливы различаются по своей природе (вдоль параллелей, вдоль меридианов и др. [5]), что неизбежно должно приводить (и приводит в океанах) к интерференции приливных волн. При этом возникает резонанс различных приливных волн.

В связи с резким отличием коэффициента сжимаемости горных пород, вмещающих залежь (первые проценты), по сравнению с

нефтегазовым флюидом (десятки–сотни процентов), внутри флюидной нефтегазовой залежи во время гравитационных приливов возникают собственные колебания на низких (1,0–5,0 Гц) и ультранизких (0,1–1,0 Гц) частотах в зависимости от формы, размеров и вязкости нефтегазовой залежи.

При резонансах гравитационных приливов внутри флюидных НГЗ возникают «микроцунами», т.е. резко усиливается амплитуда собственных колебаний, что позволяет регистрировать на поверхности в различных геофизических полях отклик НГЗ на гравитационный прилив (резонанс).

Усиление амплитуды колебаний нефтегазовых залежей при резонансах гравитационных приливов является основной физической посылкой создания принципиально новой технологии прямого прогноза НГЗ.

3. Гравитационные приливы и их резонансы влияют на напряжённо-деформированное состояние (НДС) горных пород. При этом должны возникать (и наблюдаются при проведении геодинамического мониторинга геологической среды в различных регионах РФ) аномалии естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), а также аномалии концентрации радона (Rn) и углеводородных газов (метан, пропан) над НГЗ.

На основе представлений о напряжённо-деформированном состоянии геологической среды в 80-х годах XX века разработан и успешно применяется гидрогеодеформационный (ГГД) мониторинг, а также мониторинг концентрации газов (радона, гелия, метана и т.д.) [6].

На рисунке 1 представлены нормированные графики гравитационных приливных факторов (расстояние Земля-Луна, фазы Луны, положение барицентра системы Земля-Луна). Пересечение этих нормированных кривых рассматриваются нами как резонанс приливных воздействий. Допустимость такое физической трактовки природы точек пересечения кривых гравитирующих факторов подтверждаются поведением поля ЕИЭМПЗ и характером аномалий радона на поверхностных водных источниках в Алтае-Саянской сейсмоактивной области. Расчёт положения барицентра системы Земля-Луна выполнен Перетокиным С.А. в 2009 г. с использованием программных средств Калифорнийского технологического института (ssd.jpl.nasa.gov) для расчёта эфемерид. Использование нормированных графиков гравитирующих факторов позволяет путём графического суммирования прогнозировать время наступления резонансов приливов в Земной коре.

Сопоставление физических моделей различных методов пассивной геофизики для прямых поисков НГЗ

Преимущество физической модели резонансов гравитационных приливов в Земной коре для прогноза НГЗ по сравнению

с физическими моделями других методов «пассивной» геофизики (технология «Анчар» — Арутюнов С.Л., г. Москва, 1995 г.; низкочастотная сейсморазведка НЧС — г. Казань, Шабалин Н.Я. и др.; прогноз залежей по характеристикам микросейсм при обработке данных стандартной сейсморазведки МОВ-ОГТ — Ведерников Г.В.) очевидны:

- 1) Во всех упомянутых выше методах прямого прогноза залежей углеводородов источнику воздействия на НГЗ не определён (если не используются искусственные источники — взрывы, невзрывные устройства). Гравитационные приливы и их резонансы в земной коре выдержанны по времени и энергии, т.е. источник воздействия на НГЗ стабильный с контролируруемыми параметрами;
- 2) Энергетический потенциал техногенных источников достаточно широк (от вибратора до атомного взрыва), однако, использовать для воздействия на НГЗ искусственные взрывные и невзрывные источники нецелесообразно:
 - а) это удорожает технологию «пассивной» сейсморазведки и снижает экономическую конкурентоспособность по сравнению с традиционной «структурной» сейсморазведкой (ОГТ 2D-3D), к тому же не гарантирует достоверность прямого прогноза НГЗ;
 - б) при использовании энергетически слабых источников выделить уверенно сигналы от НГЗ в спектре сейсмических шумов на фоне энергетически сильных регулярных помех не всегда возможно. Это обстоятельство снижает геологическую эффективность прямых поисков НГЗ

с использованием упомянутых выше технологий «пассивной» сейсморазведки.

Энергия же резонансов гравитационных приливов, превосходит энергетический потенциал известных типов источников (кроме атомных взрывов). При резонансах в НГЗ возникают устойчивые длительные (от суток до 2–3 суток) низкочастотные колебания, которые превышают уровень колебаний НГЗ от других источников, т.е. соотношение сигнал-помеха при регистрации резонансов приливов априорно выше, чем в других методах «пассивной» сейсморазведки.

Кроме того, достоверность выявления низкочастотных аномалий собственных колебаний НГЗ от приливов проверяются независимыми геофизическими параметрами — ЕИ-ЭМПЗ, данными геохимического мониторинга на радон и углеводородные газы, так как упомянутые геофизические параметры чувствительны к изменениям НДС геологической среды. При наличии аномалий углеводородных газов (метан, пропан), совпадающих с низкочастотной аномалией собственных колебаний залежей при приливах, достоверность прямого прогноза НГЗ возрастает.

Итоги

Полевой эксперимент подтвердил изложенные физические предпосылки проявления нефтегазовой залежи при приливах в различных геофизических полях [7].

Выводы

Мониторинг геофизических и геохимических полей на основе использования энергии резонансов гравитационных приливов

целей геологоразведки в доступных источниках отсутствует. Физические предпосылки использования гравитационных приливов для прямого прогноза залежей нефти и газа сводятся к следующему:

1. Нефтегазовая залежь — подвижный флюид в некотором объёме Земной коры.
2. Гравитационные приливы в Земной коре приводят к колебаниям поверхностей, ограничивающих залежь. В связи с резким отличием коэффициента сжимаемости горных пород, вмещающих залежь (первые проценты), по сравнению с нефтегазовым флюидом (десятки-сотни процентов), внутри флюидной нефтегазовой залежи во время гравитационных приливов возникают собственные колебания на низких (1,0–5,0 Гц) и ультранизких (0,1–1,0 Гц) частотах в зависимости от формы, размеров и вязкости нефтегазовой залежи.

Усиление амплитуды колебаний нефтегазовых залежей при резонансах гравитационных приливов является основной физической посылкой создания принципиально новой технологии прямого прогноза НГЗ.

Ключевые слова

прогнозирование нефтегазовых залежей, геомониторинг геофизических и геохимических полей, резонансы гравитационных приливов в Земной коре

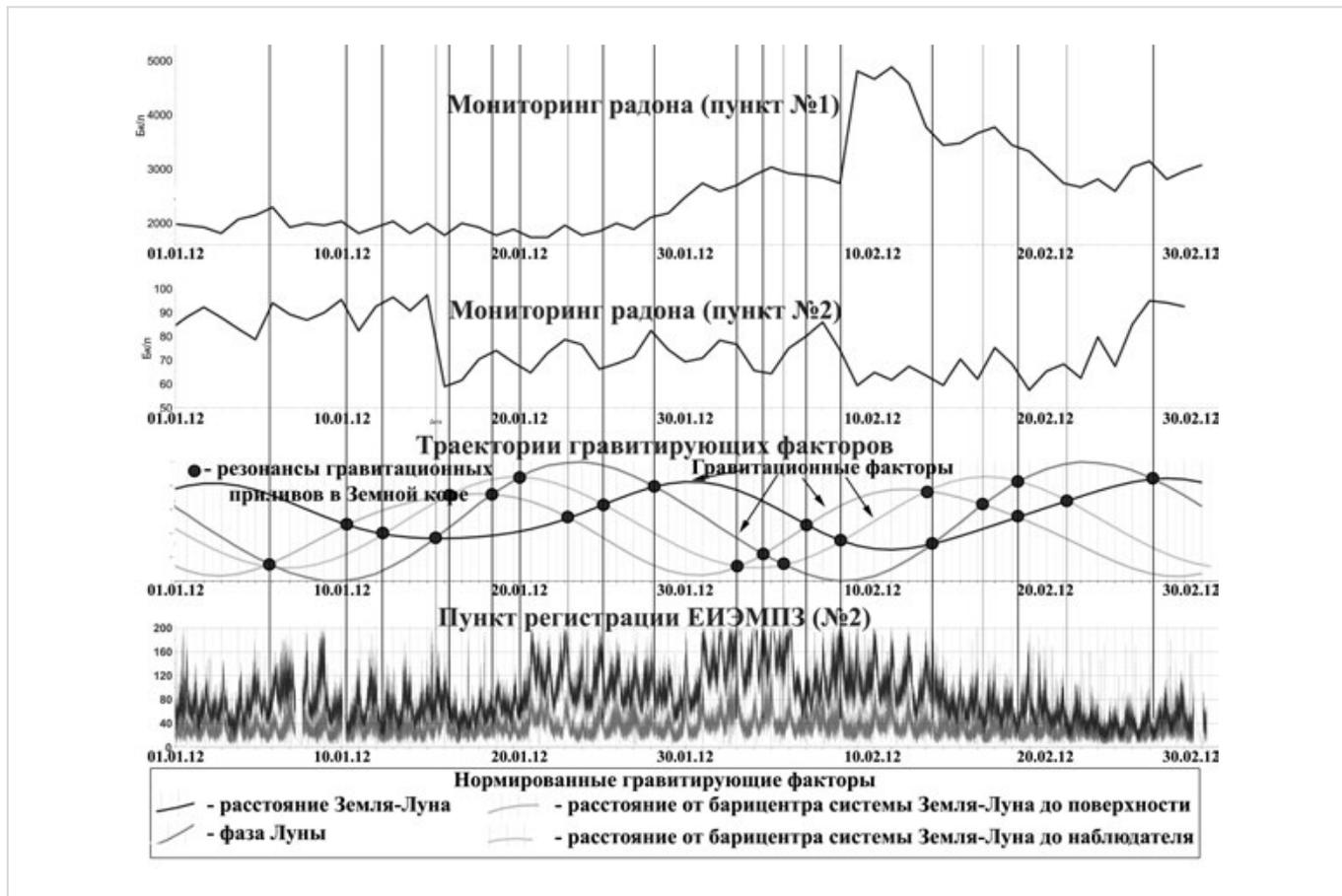


Рис. 1 — Реакция газгидрогеохимических и электромагнитных полей на гравитационные приливы.

в Земной коре обеспечивает физические основы создания принципиально новой технологии прямых поисков нефти и газа, отличной от используемых («Анчар», НСЗ, микросейсмь). При этом технология прямых поисков нефти НГЗ на основе регистрации резонансов земных приливов не содержит недостатков, присущих известным технологиям «пассивной» сейсморазведки.

Список использованной литературы

1. Садовский М.А., Николаев А.В. Новые методы сейсмической разведки. Перспективы развития // Вестник АН СССР. 1982. №1. С. 82–84.
2. Кузнецов О.Л., Арутюнов С.Л., Востров Н.Н., Дворников В.В., Графов Б.М., Сиротинский Ю.В., Сунцов А.Е. Российская инфразвуковая технология АНЧАР: уникальная практика разведки и освоения нефтяных и газовых ресурсов. Международная геофизическая конференция, тезисы докладов. Санкт-Петербург, 2000.
3. Биряльцев, Е.В. Вильданов А.А., Еронина Е.В., Рыжов В.А., Рыжов Д.А., Шабалин Н.Я. Моделирование эффекта АНЧАР в методе низкочастотного сейсмического зондирования. Технология сейсморазведки. Москва: Спектр, 2010. № 1. С. 31–40.
4. Ведерников Г.В. Методика и технологии сейсморазведочных работ // Новосибирск, Томск, Нортхемптон: СТТ, 2006. 344 с.
5. Мельхиор П. Земные приливы. М.: Мир, 1968.
6. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // ДАН СССР. 1982. № 2. С. 262 с.
7. Дидичин Г.Я., Сибгатулин В.Г., Перетокин С.А., Гутина О.В. Повышение эффективности прогноза нефтегазовых залежей на основе изучения реакции геофизических и геохимических полей на гравитационные приливы в Земной коре // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2011. № 2. С. 38–46.

ENGLISH

GEOPHYSICS

Monitoring of gravitational tides resonances for the purposes of oil and gas geological exploration

UDC 550.3 + 521.16 + 550.83:553.3/.9

Authors:

Aleksej A. Kabanov — post-graduate student¹, engineer²; weller86@inbox.ru
Viktor G. Sibgatulin — honored geologist²; ec_ropr@mail.ru

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

²Special Design and Technological Bureau "Nauka" Krasnoyarsk Scientific Centre of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract

The article provides physical backgrounds for using gravitational tides' resonances as a matter of direct hydrocarbon exploration. It also explains the forecast method to predict the timing of gravitational tides in the Earth's crust on the basis of graphical addition of normalized curves for main gravitational factors (a distance between the Earth and the Moon, phases of the Moon, barycenter of the Earth-Moon system). The article provides the explanation of geophysical complex for gravitational tides' resonances monitoring in oil and gas promising areas that includes: low-frequency (from 1.0 to 5.0 Hz) and extra-low-frequency (from 0.1 to 1.0 Hz) seismic explorations, natural impulse electromagnetic field, gas chemical and geochemical monitoring for radon and hydrocarbon gases. It also shows the possibility to establish a registration technology to monitor oil and gas reservoirs reaction to tidal activities.

Materials and methods

However there is no definite academic solution how to predict oceanic tides up to the present times. In recent decades, sea

and oceanic tides are also used to generate electricity as for enormous energy potential of these tides. There is no information in academic resources that someone uses gravitational tides in the Earth's crust for the purposes of oil and gas geological exploration. Physical backgrounds for using gravitational tides' resonances as a matter of direct hydrocarbon exploration includes:

1. Oil and gas reservoir is a mobile formation fluid in some areas of the Earth crust.
2. Gravitation tides in the Earth's crust causes daily surface oscillation that limits the reservoir. Due to the fact of a great difference between a reservoir rock compressibility coefficient (first percentage) and an oil and gas fluid (tens and hundreds of percentage), in the fluid oil and gas reservoir during gravitational tides occurs self-induced oscillations on low-frequency (from 1.0 to 5.0 Hz) and extra-low-frequency (from 0.1 to 1.0 Hz) according to shape, size and viscosity of oil and gas reservoir. The amplitude gain in reservoirs during gravitational tides is a basic physical background to establish a new geological exploration

technology of direct forecasting.

Results

The field experiment proved presented physical backgrounds for exploring oil and gas reservoirs during gravitational tides in different geophysical fields [7].

Conclusions

Monitoring of geophysical and geochemical fields on the basis of gravitational tide's resonance energies provides physical backgrounds to establish radically new technology for direct oil and gas exploration, completely different from the existing technologies (like "Anchar", NSZ, microseisms). Nonetheless, the proposed technology for direct oil and gas exploration on the basis of gravitational tides doesn't have any drawbacks of already established technologies for "passive" seismic exploration.

Keywords

forecasting of oil and gas reservoirs, geological monitoring on geophysical and geochemical fields, resonances of gravitational tides in the Earth's crust

References

1. Sadovskij M.A., Nikolaev A.V. *Novye metody sejsmicheskoy razvedki. Perspektivy razvitiya* [New methods of seismic exploration. Development prospects]. *Vestnik AN USSR*, 1982, issue 5, pp. 82–84.
2. Kuznecov O.L., Arutjunov S.L., Vostrov N.N., Dvornikov V.V., Grafov B.M., Sirotnskij Ju.V., Suncov A.E. *Rossijskaja infrazvukovaja tehnologija ANCHAR: unikal'naja praktika razvedki i osvoeniya nefjnyh i gazovyh resursov* [Russian ANCHAR infrasound technology: a unique practice of oil and gas resources exploration and development]. International conference on geophysics, scientific conference abstracts. St-Petersburg, 2000.
3. Birjal'cev, E.V. Vil'danov A.A., Eronina E.V., Ryzhov V.A., Ryzhov D.A., Shabalin N.Ja. *Modelirovanie effekta ANCHAR v metode nizkочastotnogo sejsmicheskogo zondirovaniya. Tekhnologiya sejsmorazvedki* [ANCHAR simulation to the method of low-frequency seismic sounding. Technology of seismic exploration]. Moscow: Spektr, 2010, issue 1, pp. 31–40.
4. Vedernikov G.V. *Metodika i tehnologii sejsmorazvedochnyh rabot* [Methods and technologies for seismic exploration]. Novosibirsk, Tomsk, Northampton: STT, 2006. 344 p.
5. Mel'hior P. *Zemnye prilivy* [Earth's tides]. Moscow: Mir, 1968.
6. Vartanjan G.S., Kulikov G.V. *Gidrogeodeformacionnoe pole Zemli* [Hydro-geo-deformational field of the Earth]. *Doklady Akademii Nauk USSR*, 1982, issue 2, 262 p.
7. Didichin G.Ja., Sibgatulin V.G., Peretokin S.A., Gutina O.V. *Povyshenie jeffektivnosti prognoza neftegazovyh zalezhej na osnove izucheniya reakcii geofizicheskikh i geohimicheskikh polej na gravitacionnye prilivy v Zemnoj kore*. [Improving the efficiency of the of oil and gas reservoirs exploration on the basis of the reaction of geophysical and geochemical fields to gravitational tides in the Earth's crust]. *Geologiya i mineral'nosyr'evye resursy Sibiri*, 2011, issue 2, pp. 38–46.