



УДК 550.84 + 52–423.3

О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ЛУННО-СОЛНЕЧНЫХ ПРИЛИВОВ НА ЭМИССИЮ ПОДПОЧВЕННЫХ ГАЗОВ

О. К. Навроцкий, М. Б. Богданов, А. Н. Зотов, А. М. Доценко

Навроцкий Олег Константинович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, действительный член Академии горных наук, заслуженный геолог РФ, oknavr01@gmail.com.

Михаил Борисович Богданов, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, BogdanovMB@info.sgu.ru

Алексей Николаевич Зотов, исполнительный директор, главный геолог ООО «ЛукБелОйл» (Саратов), A. Zotov@lukbeloil.com

Доценко Антон Михайлович, аспирант геологического факультета, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, gidrogeologant@gmail.com

Изучена возможная связь эмиссии различных подпочвенных газов с вариацией вертикальной компоненты ускорения свободного падения, вызванной влиянием лунно-солнечных приливов. При отрицательных значениях приливного ускорения наблюдается уменьшение средней концентрации метана и его гомологов, сопровождающееся ростом средней концентрации гелия, азота, кислорода и диоксида углерода.

Ключевые слова: подпочвенные газы, эмиссия, концентрация, лунно-солнечные приливы.

On the Possible Influence of Luni-solar Tides on Subsoil Gases Emission

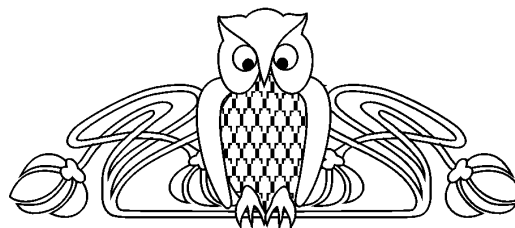
O. K. Navrotckii, M. B. Bogdanov, A. N. Zotov, A. M. Dotsenko

Oleg K. Navrotckii, ORCID 0000-0002-0673-0966, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, oknavr01@gmail.com

Mikhail B. Bogdanov, ORCID 0000-0001-5305-8925, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, BogdanovMB@info.sgu.ru

Aleksey N. Zotov, ORCID 0000-0003-0250-3739, Ltd «LukBelOil», 70, Volskaya Str., Saratov, 410056, Russia, A. Zotov@lukbeloil.com

Anton M. Dotsenko, ORCID 0000-0002-7090-0958, Saratov State University, 83, Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012, Russia, gidrogeologant@gmail.com



The possible connection was studied between the emission of various subsoil gases and the variation of the vertical component of gravity acceleration caused by the influence of the luni-solar tides. At negative values of tidal acceleration, the average concentration of methane and its homologues is reduced, accompanied by an increase in the average concentration of helium, nitrogen, oxygen, and carbon dioxide.

Key words: subsoil gases, emission, concentration, luni-solar tides.

DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-222-226

Памяти Юрия Андреевича Склярова

Введение

Как-то раз на заседании Диссертационного совета по геолого-минералогическим наукам Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского зашла речь об исследованиях одного московского автора, рассмотревшего возможные геологические последствия, вызванные особенностями движения Солнечной системы в Галактике. Неординарная точка зрения этого автора, работы которого публиковались ранее в научной периодике, и явные ошибки изложения астрономических вопросов вызвали у Юрия Андреевича резкую, но аргументированную критику. По просьбе ряда членов совета им была написана статья [1], опубликованная в одном из ведущих геологических журналов, содержащая детальный разбор недостатков изложения данной гипотезы. Следует отметить, что сама возможность подобного космического влияния не вызывает сомнений и его изучение представляет большой интерес, в первую очередь для палеонтологии (см., например, работы [2,3]).

Влияние различных космических факторов на геофизические процессы, погодные явления и климат интересует многих представителей наук о Земле. Юрий Андреевич изучал разнообразные проявления солнечной активности [4]. Его же заслугой является привлечение нашего внимания к другому космическому фактору – лунно-солнечным приливам. Известно, что они влияют не только на уровень Мирового океана, но и характеристику атмосферы [5], а также вызывают деформацию твердого тела Земли.

Приливные деформации Земли приводят к изменению различных геофизических полей, которые активно изучаются в последние годы. Исследовалось влияние приливов на сейсмоак-



стическую эмиссию [6], вариацию электрического поля в грунте, уровень подземных вод [7], эманиацию радона [7,8] и изменение потока тепловых нейтронов [9]. Предпринимались также попытки использования анализа последствий приливного воздействия для повышения эффективности прогноза нефтегазовых залежей [10,11].

Целью настоящей работы является изучение возможной связи эмиссии различных почвенных газов с вариацией вертикальной компоненты ускорения свободного падения, вызванной влиянием лунно-солнечного прилива.

Исходные данные

Исследования проводились в 2014 г. на территории открытого месторождения нефти в северо-западной части Прикаспийской впадины. Схема расположения месторождения показана на рис. 1. Его открытию способствовали новый подход к интерпретации газовых аномалий в подпочвенной геосфере и анализа геодинамической напряженности выбранного участка [12].

Пробы газа отбирались вблизи скважины Западно-Гурьяновская № 1 в специально пробуренной скважине глубиной 2.5 м с помощью вакуумного насоса (производство Германии). Опытным путем было установлено оптимальное время отбора пробы – через минуту после прокачки скважины вакуумным насосом. Пробы газа

помещались в специальные пробоотборники, наполненные концентрированным раствором NaCl в объёме до 200 см³.

Анализ содержания различных газов проводился в лабораторных условиях на хроматографе «Кристалл-2000М» с детекторами ПИД – для определения углеводородных и ДТП – для неуглеводородных компонентов. Определялись концентрации (% объ.) углеводородных компонентов (метана, этана, пропана, бутана, изобутана, пентана, изопентана, гексана) и других газов (гелия, водорода, кислорода, азота и диоксида углерода) в соответствии с руководством. Всего в августе – декабре 2014 г. были получены и проанализированы 40 проб газа.

Влияние приливов на местное ускорение свободного падения определяется двумя факторами: градиентом приливного потенциала, зависящего от координат Луны и Солнца, и деформацией твердого тела Земли, возникающей под действием притяжения этих небесных тел. Для расчета величины вертикальной компоненты приливного ускорения Δg в точке с заданными географическими координатами и высотой над уровнем моря нами использовалась компьютерная программа Tsoft (версия 2.2.0, 2013 г.), разработанная в Королевской обсерватории Бельгии [13]. Эта программа выполняет расчеты с учетом 1200 гармоник приливного потенциала Тамуры (Tamura) [14] для негидростатической модели эллипсоидальной Земли



Рис. 1. Схема расположения месторождения нефти. Место проведения газогеохимического мониторинга отмечено треугольником



с неупругой мантией WDD [15]. Погрешность оценки вертикальной компоненты ускорения составляет около 1 нм/с^2 .

В качестве примера на рис. 2 приведены значения Δg , рассчитанные для точки взятия проб газа на дату 5 ноября 2014 г. с шагом в один

час по всемирному времени (UT). Минимальные значения Δg соответствуют приливу, максимальные – отливу. Для сопоставления с эмиссией газов величина вертикальной компоненты приливного ускорения интерполировалась на момент взятия пробы с использованием кубических сплайнов.

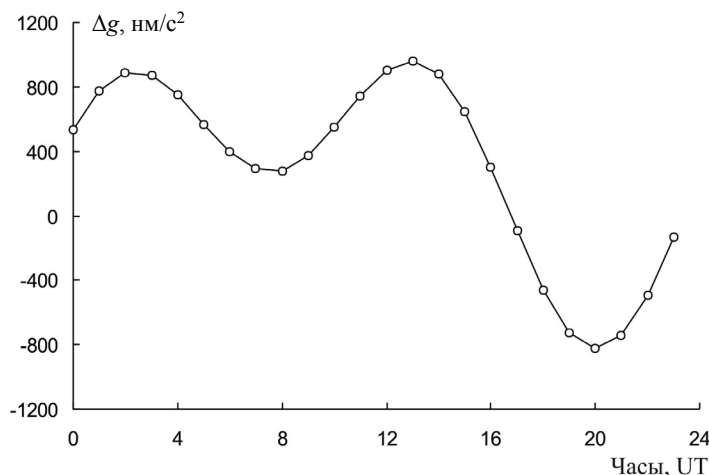


Рис. 2. Значения вертикальной компоненты приливного ускорения Δg , рассчитанные для точки взятия проб газа на дату 5 ноября 2014 г. в зависимости от всемирного времени UT

Полученные результаты

В качестве первого этапа анализа данных были оценены выборочные коэффициенты линейной корреляции $r_{i,j}$ концентрации газов с величиной вертикальной компоненты приливного ускорения и друг с другом. При этом индексы характеризуют выборку величин так, что Δg имеет индекс 1, а индексы от 2 до 8 определяют концентрацию соответственно, метана CH_4 , гелия He, кислорода O_2 , азота N_2 , диоксида углерода CO_2 , пропана C_3H_8 и бутана C_4H_{10} . Таким образом, коэффициент $r_{i,j}$ дает оценку линейной корреляции величины, характеризуемой индексом i , с величиной, определяемой индексом j .

Верхний треугольник корреляционной матрицы, составленный из коэффициентов $r_{i,j}$, рассчитанных по всей выборке, приведен в табл. 1.

Учитывая, что объем нашей выборки сравнительно невелик, для проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции использовалась величина

$$\frac{r_{i,j}}{\sqrt{1-r_{i,j}^2}} \sqrt{n-2} = t_{n-2},$$

которая имеет распределение Стьюдента с числом степеней свободы $n - 2$, где n – объем выборки. Для уровня значимости $\alpha = 0.05$ и нашего объема выборки $n = 40$ критическое значение $t_c = 2.02$. В случае $|t_{n-2}| > t_c$ гипотеза о равенстве нулю коэффициента $r_{i,j}$ отвергается с вероятностью $P = 1 - \alpha$. Жирным шрифтом в табл. 1 выделены коэффициенты корреляции, статистически значимо отличающиеся от нуля на уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Таблица 1

Верхний треугольник корреляционной матрицы $r_{i,j}$ для вертикальной компоненты приливного ускорения Δg и концентраций различных газов

	Δg	CH_4	He	O_2	N_2	CO_2	C_3H_8	C_4H_{10}
Δg	1.00	0.02	0.06	-0.16	-0.18	0.09	-0.04	0.18
CH_4	-	1.00	0.00	-0.28	0.25	-0.27	-0.10	-0.45
He	-	-	1.00	-0.19	-0.04	0.26	-0.32	-0.08
O_2	-	-	-	1.00	0.66	-0.68	-0.20	-0.44
N_2	-	-	-	-	1.00	-0.60	-0.17	-0.53
CO_2	-	-	-	-	-	1.00	0.28	0.54
C_3H_8	-	-	-	-	-	-	1.00	0.53
C_4H_{10}	-	-	-	-	-	-	-	1.00



Как видно из табл. 1, между показателями изменения концентрации некоторых газов имеет место значимая положительная или отрицательная корреляция. Отметим наиболее важные моменты:

- коэффициенты корреляции концентрации подпочвенных газов с величиной вертикальной компоненты приливного ускорения статистически значимо не отличаются от нуля;
- концентрация метана имеет отрицательную корреляцию с его гомологами [16];
- между показателями изменения концентраций пропана и бутана существует заметная положительная корреляция.

С целью повышения статистической устойчивости оценок мы выполнили расчет средних месячных значений концентрации газов отдельно для моментов, когда приливное ускорение имело положительный и отрицательный знаки. Первый случай ($\Delta g > 0$) соответствует отливу, а второй ($\Delta g < 0$) – приливу. В качестве примера на рис. 3 показано относительное изменение средней концентрации для углеводородных газов (а) и неуглеводородных газов (б) по наблюдениям в августе 2014 г. Концентрация при положительных значениях приливного ускорения Δg принята равной единице и показана столбиками, нарисованными сплошными линиями. Столбики, изображенные штриховыми линиями, соответствуют средней концентрации при отрицательных значениях Δg .

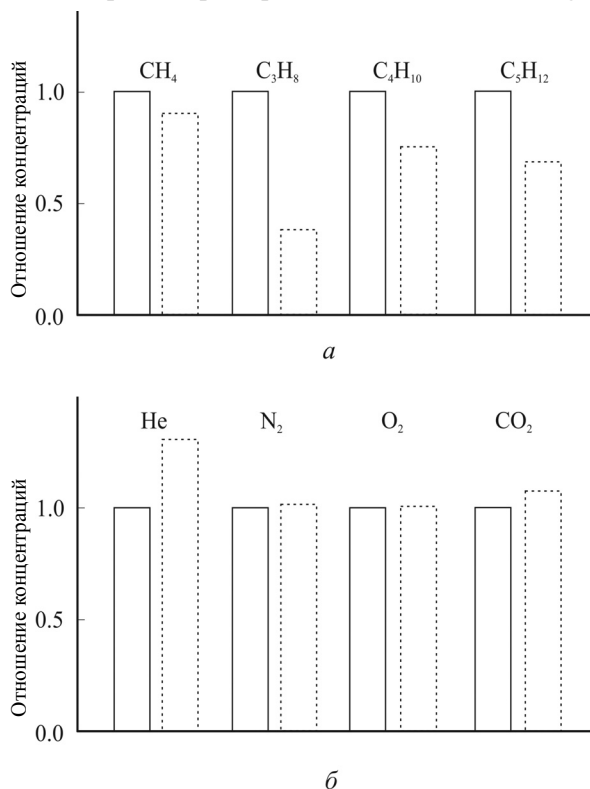


Рис. 3. Относительное изменение средней концентрации при положительных (сплошная линия) и отрицательных (штриховая линия) значениях приливного ускорения Δg для углеводородных (а) и неуглеводородных газов (б) по наблюдениям в августе 2014 г.

Как видно из рис. 3, при отрицательных значениях приливного ускорения наблюдается уменьшение средней концентрации метана и его гомологов, сопровождающееся ростом средней концентрации гелия, азота, кислорода и диоксида углерода.

Сводные результаты нашего мониторинга приведены в табл. 2. Случаи повышенных среднемесячных значений концентрации подпочвенных газов отмечены в табл. 2 черными кружками. Видно, что углеводородные газы демонстрируют четкую тенденцию повышенной концентрации при

Таблица 2

Случаи повышенных среднемесячных значений концентрации подпочвенных газов по наблюдениям 2014 г.

Месяц наблюдений	Газ	Отлив $\Delta g > 0$	Прилив $\Delta g < 0$
Углеводородные газы			
Август	CH ₄	●	–
	C ₃ H ₈	●	–
	C ₄ H ₁₀	●	–
	C ₅ H ₁₂	●	–
Октябрь	CH ₄	●	–
	C ₃ H ₈	●	–
	C ₄ H ₁₀	●	–
	C ₅ H ₁₂	●	–
Ноябрь	CH ₄	●	–
	C ₃ H ₈	●	–
	C ₄ H ₁₀	●	–
	C ₅ H ₁₂	Отсутствует	
Декабрь	CH ₄	●	–
	C ₃ H ₈	●	–
	C ₄ H ₁₀	●	–
	C ₅ H ₁₂	Отсутствует	
Неуглеводородные газы			
Август	He	–	●
	N ₂	–	●
	O ₂	–	●
	CO ₂	–	●
Октябрь	He	–	●
	N ₂	●	–
	O ₂	●	–
	CO ₂	●	–
Ноябрь	He	–	●
	N ₂	–	●
	O ₂	–	●
	CO ₂	–	●
Декабрь	He	●	–
	N ₂	–	●
	O ₂	●	–
	CO ₂	–	●



положительных значениях приливного ускорения. Для неуглеводородных газов результаты менее определенные. Но в целом эти газы показывают повышенную концентрацию при отрицательных значениях Δg .

Важно отметить, что за все время наблюдений в анализируемых пробах газов не был замечен водород. Отсутствие водорода подтверждает выявленную ранее закономерность уменьшения газогеохимического фона над нефтегазовыми месторождениями [12].

Заключение

Таким образом, полученные результаты газогеохимического мониторинга показывают:

1. Устойчивую тенденцию к изменению концентрации подпочвенных газов: при отрицательных значениях приливного ускорения наблюдается уменьшение средней концентрации метана и его гомологов, сопровождающееся ростом средней концентрации гелия, азота, кислорода и диоксида углерода.

2. Становится очевидным, что газометрическая съемка должна проводиться при одинаковых условиях лунно-солнечного прилива.

3. Подпочвенная газовая геосфера является самостоятельным объектом изучения с точки зрения генезиса фиксируемых газов.

4. Одна из важных особенностей исследуемого месторождения заключается в отсутствии эмиссии водорода за все время наблюдений.

5. С точки зрения авторов, необходимо проведение комплексных и систематических исследований характера влияния лунно-солнечных приливов на геохимические, геофизические и биологические поля.

Библиографический список

1. Складов Ю. А. О галактическом варианте геохронологической шкалы // Стратиграфия. Геохронологическая корреляция. 2004. Т. 12, № 4. С. 118–126.
2. Svensmark H. Evidence of nearby supernovae affecting life on Earth // Monthly Notices Royal Astron. Society. 2012. Vol. 423. P. 1234–1253.
3. Feng F, Bailer-Jones C. A. L. Assessing the Influence of the Solar Orbit on Terrestrial Biodiversity // Astrophys. J. 2013. Vol. 768. P. 1–21.
4. Дмитриев А. А., Складов Ю. А., Шабельников А. В., Соколова Л. П. Изменчивость осадков, температуры и солнечная активность. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1990. 112 с.

5. Богданов М. Б. Эффекты космических факторов и резонанс приливных гармоник в рядах приземной температуры воздуха // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 5–10.

6. Беляков А. С., Лавров В. С., Николаев А. В. Сейсмоакустическая эмиссия, землетрясения и лунно-солнечные приливы // Докл. Акад. наук. 2008. Т. 420, № 3. С. 388–389.

7. Адушкин В. В., Спивак А. А., Харламов В. А. Влияние лунно-солнечного прилива на вариации геофизических полей на границе земная кора–атмосфера // Физика Земли. 2012. № 2. С. 14–26.

8. Семинский К. Ж., Бобров А. А. Первые результаты исследований временных вариаций эманационной активности разломов Западного Прибайкалья // Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т. 4, вып. 1. С. 1–12.

9. Володичев Н. Н., Нечаев О. Ю., Сигаева Е. А. Тепловые нейтроны от поверхности Земли во время кульминаций Луны и Солнца в дни новолуний и полнолуний // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3, Физика. Астрономия. 2013, № 3. С. 84–86.

10. 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.

11. Сибгатулин В. Г., Дидичин Г. Я., Перетокин С. А., Кабанов А. А. Резонансы гравитационных приливов в земной коре и их влияние на нефтегазовые залежи // Нефть. Газ. Новации. 2014. № 1. С. 14–17.

12. Пат. 2577801 Российская Федерация, МКИ G01V9/00. Способ геохимического тестирования локальных объектов при прогнозе нефтегазоносности / Зотов А. Н., Навроцкий О. К., Бондаренко В. В.; заявитель и патентообладатель Зотов А. Н. – № 257780; заявл. 31.07.2014 ; опубл. 17.02.2016, Бюл. № 8.

13. Van Camp M., Vauterin P. Tsoft : graphical and interactive software for the analysis of time series and Earth tides // Computers and Geosciences. 2005. Vol. 31, iss. 5. P. 631–640.

14. Tamura Y. A harmonic development of the tide-generating potential // Bull. Inf. Marées Terrestres. 1987. Vol. 99. P. 6813–6855.

15. Dehant V., Defraigne P., Wahr J. Tides for a convective Earth // J. Geophys. Res. 1999. Vol. 104, iss. B1. P. 1035–1058.

16. Навроцкий О. К., Тимофеев Г. И., Титаренко И. А., Писаренко Ю. А., Диброва А. И., Глухова Е. В. Газовые поля в зоне сочленения сложнопостроенных крупных геоструктурных блоков юго-восточной части Русской платформы (по региональному профилю Уварово-Свободный, Саратовская область) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 2. С. 77–84.

Образец для цитирования:

Навроцкий О. К., Богданов М. Б., Зотов А. Н., Доценко А. М. О возможном влиянии лунно-солнечных приливов на эмиссию подпочвенных газов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 222–226. DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-222-226.

Cite this article as:

Navrotckii O. K., Bogdanov M. B., Zotov A. N., Dotsenko A. M. On the Possible Influence of Luni-solar Tides on Subsoil Gases Emission. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2017, vol. 17, iss. 4, pp. 222–226 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2017-17-4-222-226.