

УДК 556.3:556.98 (07)

ТЕХНОГЕННОЕ ПОЛЕ И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФИЗИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ ЗЕМЛИ

Матусевич В.М., Ковяткина Л.А.

ФГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»
 Минобрнауки России, Тюмень, e-mail: vyru@mail.ru

Целью исследования является установление закономерностей и последствий «искривления» природных физических полей под влиянием хозяйственной деятельности. На основе опубликованной литературы, результатов собственных наблюдений и исследований, термодинамических расчетов, картографических построений, включая аэрокосмические материалы, изучены проявления техногенеза в различных районах Западно-Сибирского мегабассейна. Рассмотрено влияние всепроникающего техногенного поля на физические поля Земли с акцентированием внимания на подземные воды, формирующиеся в различных природных условиях и испытывающие воздействие зональных типов техногенеза. Наиболее контрастные изменения выявлены для гравитационного и геотермического полей, отражающиеся в геогидродинамической, концентрационной и геотемпературной составляющих гидрогеологического поля. В результате взаимодействия техногенного и гравитационного поля происходит трансформация природных водонапорных систем. Изменения геотемпературного поля выражены в растеплении многолетнемерзлых пород и охлаждении недр; изменения концентрационного поля приводят к загрязнению геологической среды и техногенному минералообразованию. В совокупности эти изменения приводят к «вырождению» геологических структур, к ослаблению связей в горных породах, росту динамических напряжений и сейсмичности территорий.

Ключевые слова: физические поля Земли, подземные воды, многолетнемерзлые породы, геологическая среда, сверхглубокие скважины, техногенное поле, загрязнение

TECHNOGENIC FIELD AND ITS INTERACTION WITH PHYSICAL FIELDS OF LAND

Matusevich V.M., Kovyatkina L.A.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: generai@tsogu.ru

The article is devoted to the laws and the consequences of the «distortion» of natural physical fields under the influence of economic activity. Based on the published literature, the results of our observations and research of thermodynamic calculations, mapping constructs, including aerospace materials studied technogenesis manifestations in different parts of the West – Siberian megabasin. Some examples of the pervasive influence of technological fields on the physical field of the Earth with an emphasis on groundwater formed under different environmental conditions and are subject to zonal types technogenesis, most contrasting changes were found for gravity and geothermal fields, reflected in geogidrodinamicheskoy, concentration and geothermal components hydrogeological field. The interaction between man-made and the gravitational field of the transformation of the natural water pumping systems. Changes geothermal field is expressed in thawing permafrost and subsurface cooling and changes kontsentratsionnogo fields lead to contamination of the geological environment and anthropogenic mineralization. Together, these changes lead to the «degeneration» of geological structures, weakening bonds in the rocks, the growth of the dynamic stresses and seismicity areas.

Keywords: physical field of the Earth, ground water, permafrost, geological environment, ultra-deep wells, technogenic field contamination

В последние годы внимание ученых привлекают проблемы, связанные с негативным влиянием хозяйственной деятельности на природную среду. В связи с этим широко используется понятие геологической среды, рассматривающаяся как многокомпонентная динамичная система верхней части литосферы, затронутая инженерной деятельностью человека (Е.М. Сергеев, В.А. Королев, В.Т. Трофимов, Е.Г. Бондарик и др.). Под влиянием различных факторов в природной среде постепенно или почти мгновенно (химические реакции, образование трещин при ГРП и др.) происходит изменение параметров природных физических полей, формируется и начинает функционировать техногенное поле. Чем более промышленно развита и урбанизирована территория, тем многочисленнее и разнообразнее воздействия и процессы,

формирующие техногенное поле. На поверхности Земли и в ее недрах, куда дотянулась рука человека, а вернее его разум, где проявилась «ноосферная» деятельность, произошли необратимые изменения: в условиях залегания горных пород, и особенно насыщающих их флюидов, в объемах, массе, составе и свойствах этих флюидов, в их движении. Изменилось энергетическое состояние подверженных техногенезу систем, и в связи с этим нарушился естественный энергообмен с другими системами.

Вмешательство в природную среду привело к техногенной трансформации естественных геофизических полей, в результате чего сформировалось техногенное поле, которое «проросло» во все природные поля.

Западная Сибирь – уникальный регион на Земле по темпам и интенсивности освоения природных ресурсов, и, в первую

очередь, месторождений углеводородного сырья.

Масштабы техногенных воздействий и вызванных ими изменений в Западно-Сибирском мегабассейне (ЗСМБ) колоссальны. В течение полувековой истории Западно-Сибирского топливно-энергетического комплекса из недр добыты миллиарды тонн нефти и триллионы кубометров газа, пробурены сотни тысяч поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, построены десятки новых городов и поселков, тысячи километров различных трубопроводов, дорог, других объектов инфраструктуры нефтегазодобывающей и прочих отраслей хозяйственной деятельности.

Перенос вещества и энергии в оболочках Земли, по В.И. Вернадскому, осуществляется различными механизмами взаимодействия компонентов равновесно-неравновесной системы: «твердое тело – вода – газы – живое (органическое) вещество». В результате формируются естественные физические поля: гравитационное, тепловое, магнитное, электрическое, радиоактивное. Как частные (самостоятельные) виды этих полей в гидrolитосфере трактуются гравитационное, геотермическое и концентрационное поля, представляющие собой в то же время гидрогеологическое поле.

Проявления техногенеза весьма разнообразны: добыча полезных ископаемых ведет к осушению месторождений, строительство наземных и подземных инженерных объектов – к развитию инженерно-геологических процессов; эксплуатация крупных водозаборов подземных вод и нефтегазовых месторождений приводят к понижению уровней и формированию крупномасштабных депрессионных воронок глубиной в десятки и сотни метров и радиусами в десятки километров, оседанию земной поверхности. Утечки из трубопроводов, дренажных систем, плотная застройка территорий с глубокими свайными фундаментами, оказывающими барражный эффект, способствуют подтоплению и формированию техногенных водоносных горизонтов, загрязнению всех компонентов окружающей среды.

Наряду с гидродинамическим режимом меняется и гидрогеохимическая составляющая водных потоков, водоносные горизонты загрязняются нитратами и пестицидами на сельскохозяйственных полях, нефтепродуктами и фенолами на трассах нефтепроводов и нефтепромыслах, тяжелыми металлами в зонах влияния автодорог, самыми разнообразными химическими соединениями в зонах промышленного техногенеза и на полигонах бытовых и промышленных отходов.

В современной научной литературе и журнальных статьях отмечается все более заметное влияние человеческой деятельности, особенно на подземные воды приповерхностной части литосферы, что способствует формированию в геологической среде техногенного поля. Под его влиянием расширяются и углубляются пространственные границы геологической среды, их положение определяется характером техногенеза; верхней границей является поверхность земли, нижняя граница по мере бурения свехглубоких скважин уходит в недра на 7–8 км и более. С некоторой степенью условности нижнюю границу можно провести по забою самой глубокой горной выработки (Кольская скв. – более 12 км), хотя воздействие распространяется еще на некоторую глубину, оценить которую пока не представляется возможным.

В Западной Сибири в настоящее время насчитывается уже более 200 скважин, глубина которых перевалила за 4-километровую отметку, глубина ТСГ-6 составляет 7502 м, Ен-Яхинской скважины – 8250 м. В нефтегазопромысловых районах Западной Сибири основные запасы углеводородов сосредоточены в интервалах глубин 2–3 км, в нижней части осадочного чехла; соответственно глубина техногенного воздействия, нижняя граница геологической среды и глубина проникновения техногенного поля будут совпадать с кровлей фундамента. В недалеком будущем, по мере изучения пород фундамента и его нефтегазоносности, с началом разработки палеозойских коллекторов, эта граница углубится до уровня 5–6 и более километров от поверхности Земли. В доказательство этому можно привести данные по Тюменской (ТСГ-6) и Ен-Яхинской свехглубоким скважинам. В процессе испытания ТСГ-6 из интервала 6600–6650 м была получена пластовая вода с низкой минерализацией < 3 г/л и высокой газонасыщенностью – до 10 л/л, в составе смеси метан (до 97%), тяжелые УВ (< 0,99%), гелий (до 0,11%), «покрышкой» для предполагаемой залежи могут быть неизмененные базальты и аргиллиты в интервале глубин 6520–6606 м [3].

Ранее нами были выделены зональные типы техногенеза [9, 10] и соответствующие им основные схемы строения геологической среды ЗСМБ, для которых приведены примеры взаимодействия техногенного поля с природными геотермическим, геогидродинамическим и концентрационным.

Особенностью всех естественных физических полей является их автономность и характерный, присущий для данного поля параметр (температура, гидростатическое

и геостатическое давления, концентрация вещества, окислительно-восстановительный потенциал и т.д.). Отличительными чертами техногенного поля являются его гетерогенность и полиморфность. Техногенное поле включает в себя все признаки существующих физических полей и в зависимости от способов воздействия человека на недра производит трансформацию естественных полей при его проникновении в каждое из них. Наиболее ощутимо воздействие техногенного поля на трансформацию геотемпературного, гравитационного и связанных с ними гидрогеодинамического и концентрационного полей.

Наиболее массовые и достоверные данные по техногенным флуктуациям геотемпературного поля получены для верхней наиболее доступной изучению зоны. Наибольшей трансформации при этом подвержен температурный режим многолетнемерзлых пород (ММП) и заключенных в них подземных вод, находящихся под влиянием техногенеза.

«Глобальное потепление» климата в криолитозоне в комплексе с пронизывающими литосферу многочисленными мелкими и глубокими скважинами, трубопроводами и другими инженерными сооружениями создают условия для растепления мерзлоты и ее деградации, для активизации различных мерзлотных процессов. На нефтегазовых промыслах вокруг добывающих, нагнетательных, водозаборных скважин формируются локальные талики, что приводит к просадке грунтов и образованию в приустьевой зоне воронок, влияющих на устойчивость скважин и наземного оборудования. Образование таликовых зон вокруг скважин создает опасность разгерметизации водоносных систем в толще ММП и формирования техногенных каналов для перетоков пластовых вод в вышележащие горизонты, их загрязнение.

Многие факты свидетельствуют о том, что в последние десятилетия негативное воздействие криогенных процессов на объекты инфраструктуры усилилось [1, 7, 8].

Проявлением гравитационного поля в гидросфере является геогидродинамическое поле продуктивных газовых и нефтяных горизонтов, испытывающих пульсирующие депрессионно-репрессионные колебания, размах которых достигает десятки мегапаскалей по давлениям и сотни метров, а на Ново-Уренгойском месторождении – до 1000 метров по напорам. Снижение давлений приводит к оседанию земной поверхности. На территории крупнейшего в мире Уренгойского газоконденсатного месторождения инструментальные наблю-

дения за 20 лет к 1995 году зафиксировали оседания поверхности до 340 мм [2].

Г.С. Варганиян и Г.В. Куликов (1983) ввели понятие «гидрогеодеформационное поле», которое формируется под влиянием пульсационного перераспределения флюидов в литосфере. Под действием кратковременных (в сравнении с геологическим временем) сейсмических и техногенных процессов изменяется напряженно-деформируемое состояние участка гидrolитосферы и формируются аномальные зоны пластовых давлений, температуры, гидрогеохимические аномалии. В условиях техногенеза нефтегазопромыслового типа в Западной Сибири гидрогеодеформационное поле – это прежде всего техногенное поле, закономерности которого рассмотрены В.М. Матусевичем, А.Д. Резником и другими в ряде работ [11].

Колоссальное перераспределение давлений и напоров не только в продуктивных пластах, но и в смежных; изменение ионно-солевого состава и загрязнение подземных вод при нагнетании воды и различных химических агентов для увеличения нефтеотдачи пластов. При этом изменяются строение пустотного пространства пород, их фильтрационно-емкостные свойства, гидродинамические параметры и структура потока, что особенно контрастно проявляется при проведении гидроразрыва пласта [5].

«Техногенный шум», создаваемый функционированием разнообразных инженерных объектов и эксплуатацией нефтегазовых залежей прежде всего приводит к снижению сейсмической устойчивости территорий. Наиболее яркие проявления сейсмичности фиксируются в старых промысловых районах Среднего Приобья, где неоднократно наблюдались землетрясения интенсивностью до 3–4 баллов. Примером масштабного техногенного воздействия на геологическую среду может служить «событие в Среднем Приобье, когда за счет горизонтального сдвижения массивов горных пород слому и смятию подверглось более 3,5 тысяч колонн нефтяных скважин» [6].

Расчеты напряженно-деформированного состояния горного массива и земной поверхности показали, что при снижении пластовых давлений на 3–5 МПа на месторождениях с поддержанием пластового давления максимальные оседания поверхности не превышают 100–150 мм, а при большой мощности продуктивных пластов – 300–350 мм. Этот вывод подтверждается опытом инструментальных наблюдений на Усть-Балыкском геодинамическом полигоне [2]. По данным Ю.В. Васильева и др. [4], на Самотлорском геодинамическом поли-

гоне за восьмилетний период наблюдений установлено оседание поверхности земли до 144 мм.

В Надым-Пур-Тазовском районе Западной Сибири извлекается около 88% от общероссийской добычи газа, основные запасы сконцентрированы в сеноманских (Вынгапуровское, Комсомольское, Западно-Таркосалинское, Медвежье, Юбилейное, Ямсовейское, Уренгойское, Заполярное месторождения, Ямбургская и Харвутинская площади Ямбургского месторождения) и валанжинских залежах (Уренгойское и Ямбургское месторождения). В настоящее время разработка объектов сеноманской залежи осложняется обводнением конденсационными и пластовыми водами и разрушением призабойной зоны пласта. Динамика снижения пластового давления и подъема ГВК такова: максимальное падение давления отмечено на Уренгойской площади (на 9,4 МПа), подъем ГВК на 31 м, минимальные показатели — на Ен-Яхинской площади (8,2 МПа и 14 м соответственно) [12].

Концентрационная составляющая техногенного поля прослеживается во всех типах геологической среды на всех ее срезах в зависимости от видов техногенного воздействия, но наиболее опасное ее проявление — загрязнение подземных вод нефтепродуктами, метанолом, фенолами. На водах питьевых и технических вод в разных районах выявлены селен и бериллий, ртуть, кадмий, барий, бор, бром и другие. В первую очередь — это поверхностные загрязнения, поступающие сверху от техногенных объектов селитебно-промышленного типа, и загрязнение снизу — через поглощающие скважины полигонов утилизации промышленных стоков, добывающих и нагнетательных скважин нефтепромыслов.

В сельскохозяйственных районах ЗСМБ, кроме того, получили распространение нитратное загрязнение грунтовых и субнапорных вод олигоцен-четвертичного комплекса; загрязнение сверху такими ставшими широко распространенными во всех компонентах природной среды элементами, как свинец, цинк, кобальт, бериллий.

Таким образом, основные результаты взаимодействия техногенного поля с природными физическими полями сводятся к «вырождению» геологических структур. Проникновение техногенного поля в гравитационные трансформирует природные водонапорные системы; взаимодействие с температурным полем ведет к деградации мерзлоты и охлаждению недр. Изменение концентрационного поля вызывает загрязнение и техногенное минералообразование,

преобразование пустотного пространства и фильтрационно-емкостных свойств пород; ослабление структурных связей и рост динамических напряжений в массивах пород вызывают активизацию сейсмичности.

Уже на современном этапе перечисленные изменения в трансформированных техногенезом физических полях должны использоваться для «корректировки» и планирования хозяйственной деятельности, при разработке принципиально новых технологий освоения территорий с учетом параметров техногенного поля.

Список литературы

1. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России. — Метеорология и гидрология. — 2002. — № 6. — С. 15–22.
2. Ашихмин С.Г. Научные основы методов прогноза напряженно-деформированного состояния горных пород при разработке месторождений нефти и газа. — Режим доступа: http://discollection.ru/article/19102010_ashihmin_sergej_gennad_evich_74910/7.
3. Перспективы нефтегазоносности глубоководноотложенных отложений севера Западной Сибири по данным сверхглубокого бурения / Т.В. Белоконов-Карасева, В.И. Горбачев, С.Е. Башкова, Г.Л. Беляева, Ю.А. Ехлаков // Геология нефти и газа. — 2006. — № 6, С. 2–9.
4. Васильев Ю.В., Мартынов О.С., Радченко А.В. Изучение и анализ геодинамической обстановки на территории Нижневартовской ГРЭС и пос. Излучинск // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна: материалы всероссийской научно-технической конференции. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. — С. 204–208–440 с.
5. Запывалов Н.П., Попов И.П. Флюидодинамические модели залежей нефти и газа. — Новороссийск: Изд-во СО РАН, 2003.
6. Принципы обеспечения геодинамической и экологической безопасности при разработке нефтегазовых месторождений на территории ХМАО / А.В. Калугин, Ю.П. Казанцев, К.В. Беляев и др. // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. — Ханты-Мансийск, 2004. — С. 396–402.
7. Кутвицкая Н.Б., Рязанов А.В., Дашков А.Г. Обеспечение устойчивости опор трубопроводов, обвязки газовых и нефтяных добывающих скважин в условиях распространения вечномерзлых грунтов. — Режим доступа: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub034.html>.
8. Некоторые особенности теплового влияния внутрипромысловых газопроводов подземной и наземной прокладки на многолетнемерзлые грунты в условиях Заполярного ГНКМ / Н.Б. Кутвицкая, С.П. Дмитриева, А.В. Рязанов, М.А. Магомедгаджиева, В.Д. Кауркин, Р.М. Минигулов, Р.В. Корытников. — Режим доступа: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub034.html>.
9. Матусевич В.М., Ковяткина Л.А. Нефтегазовая гидрогеология, ч. 2. Нефтегазовая гидрогеология Западно-Сибирского мегабассейна — Тюмень: «Вектор Бук», 2010 — 216 с.
10. Матусевич В.М., Ковяткина Л.А. Техногенное гидрогеологическое поле как отражение современного состояния геологической среды // Подземная гидросфера. Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России. — Иркутск: изд-во «Географ», 2012. — С. 111–116.
11. Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. — 225 с.

12. Проблемы Большого Уренгоя. Сулейманов Р., Ланчаков Г., Маринин В., Москвичев В., Григулецкий В., 2008. – Режим доступа: <http://www.indpg.ru/nefteservis/2008/04/20007.html>.

References

1. Anisimov O.A., Belolutskaia M.A. *Meteorologiya i gidrologiya – Meteorology and Hydrology*, 2002, no. 6, pp. 15–22.

2. Ashikhmin S.G. (*Scientific basis of forecasting methods of the stress-strain state of the rocks in the development of oil and gas*) Available at: http://discollection.ru/article/19102010_ashikhmin_serzej_gennad_evich_74910/7.

3. Belokon–Karaseva T.V., Gorbachev V.I., Bashkova S.Ye., Belyayeva G.L., Yekhlakov YU.A. *Geologiya nefiti i gaza. Oil and gas geology*. 2006. no. 6, pp. 2–9.

4. Vasil'yev YU.V., Martynov O.S., Radchenko A.V. *Geologiya i neftegazonosnost' Zapadno-Sibirskogo megabasseyna. Materialy vsrossiyskoy nauchno-tekhicheskoy konferentsii. (Geology and petroleum potential of the West Siberian megabasin. All-Russian Scientific and Technical Conference)*. Tyumen, 2011. pp. 204–208.

5. Zapivalov N.P., Popov I.P. *Flyuidodinamicheskiye modeli zalezhey nefiti i gaza* [Fluid dynamic models of oil and gas] – Novorossiysk: Izd-vo SO RAN, 2003.

6. Kalugin A.V., Kazantsev YU.P., Belyayev K.V. i dr. *Puti realizatsii neftegazovogo potentsiala KHMAO* (How to implement oil and gas potential of KHMAO). Khanty-Mansiysk, 2004. pp. 396–402.

7. Kutvitskaya N.B., Ryazanov A.V., Dashkov A.G. (*Sustaining pipe supports, piping oil and gas wells in permafrost distribution*). Available at: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub034.html>.

8. Kutvitskaya N.B., Dmitriyeva S.P., Ryazanov A.V., Magomedgadzhiev M.A., Kaurkin V.D., Minigulov R.M., Korytnikov R.V. (*Some features of the thermal effect of the infield pipelines underground and ground pads on the permafrost in the*

Zapolar GNKM). Available at: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub034.html>.

9. Matusevich V.M., Kovyatkina L.A. *Neftegazovaya gidrogeologiya, ch. 2. Neftegazovaya gidrogeologiya Zapadno-Sibirskogo megabasseyna* [Petroleum hydrogeology, Part 2. Petroleum hydrogeology of the West Siberian megabasin] Tyumen, 2010. 216p.

10. Matusevich V.M., Kovyatkina L.A. *Podzemnaya gidrosfera. Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya po podzemnym vodam vostoka Rossii. (Underground hydrosphere. Proceedings of All-Russia Conference on Groundwater east of Russia)* Irkutsk, 2012. pp. 111–116.

11. Matusevich V.M., Ryl'kov A.V., Ushatinskiy I.N. *Geoflyuidal'nyye sistemy i problemy neftegazonosnosti Zapadno-Sibirskogo megabasseyna* [Geoflyuidalnye system and the problems of the West Siberian petroleum megabasin]. Tyumen, 2005. 225 p.

12. Suleymanov R., Lanchakov G., Marinin V., Moskvichev V., Griguletskiy V. *The problems of the Big Urengoy*. Available at: <http://www.indpg.ru/nefteservis/2008/04/20007.html>.

Рецензенты:

Воробьева С.В., д.т.н., профессор кафедры промышленной экологии Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень;

Корнев В.А., д.т.н., профессор кафедры прикладной геофизики Тюменского государственного нефтегазового университета, г. Тюмень;

Лебедев В.И., д.г.-м.н., профессор, директор, ФГБУН «Тювинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук», г. Кызыл.

Работа поступила в редакцию 11.04.2013.