



49. Розыева Т. Р., Лантева Т. М. Схема стратиграфии миоцена и пограничных с ним слоев олигоцена Туркмении // Вопросы биоистратиграфии и геологии полезных ископаемых Туркменистана. Ашхабад, 1973.

50. Али-Заде А. А. Верхнетретичные отложения юго-западного Туркменистана // Тр. совещания по разработке

унифицир. стратигр. шкалы третичных отложений Крымско-Кавказской области. Баку, 1959.

51. Попов Г. И., Юртаева Е. П. Проблема верхнего сармата Туркмении // Вопросы биоистратиграфии и геологии полезных ископаемых Туркменистана. Ашхабад, 1973.

УДК 550.835.2(091)+ [553.495+553.98]: 550.835.2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭМАНАЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ИХ РОЛЬ В НЕФТЯНОЙ ГЕОЛОГИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

А. В. Киялков

Саратовский государственный университет
E-mail: alexkilyakov@yandex.ru

Рассмотрены ключевые моменты в истории развития эманационных методов поиска и разведки полезных ископаемых, приведены радиометрические методы, применяемые на современном этапе для исследования нефтяных и газовых месторождений, сделано обобщение результатов эманационных съемок, проводимых в пределах рудных и нефтяных месторождений, обосновано применение данных методов в целях поиска и разведки полезных ископаемых.

Ключевые слова: радон, радоновая съемка, эманационная съемка.

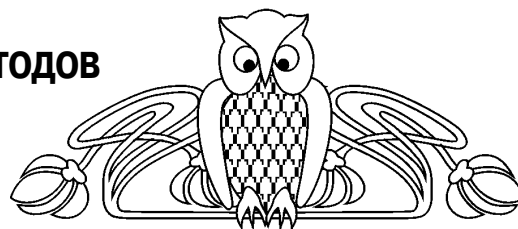
Developmental History of Emanation Method and Their Role in Oil Geology at the Present Stage

A. V. Kilyakov

The key insights in the history emanation method development for search and investigation of minerals are examined, the radiometric methods applied at the present stage for research oil and gas deposits are quoted, generalization of results emanation survey lead within ore and oil deposits is made, application of the given methods for search and investigation of minerals is proved.

Key words: radon, radon survey, emanation survey.

Свойства радиоактивных элементов позволяют использовать их в качестве трассеров самых разнообразных процессов. На Земле известно множество радиоактивных элементов, но наибольший интерес представляет радон. Он является инертным газом с периодом полураспада 3,8 дней и хорошо растворим в углеводородах. Эти уникальные свойства делают радон хорошим трассером для процессов, происходящих в залежах нефти и газа. В настоящее время для оценки перспектив нефтегазоносности различных районов используют радоновую съемку. Она относится к ядерно-геохимическим методам изучения естественной радиоактивности. Радоновая съемка является частным случаем эманационной съемки и основана на измерении объемной активности радона в почвенном воздухе.



Целью этой публикации является решение следующих задач:

- рассмотрение истории развития эманационных методов;
- определение роли современных радоновых съемок как одного из методов эманационной съемки в нефтяной геологии;
- обобщение опыта радоновых съемок над рудными телами и в пределах нефтяных месторождений.

Историю эманационных методов поиска можно условно разделить на три больших этапа. Каждому из этих этапов предшествует крупное открытие, которое способствует росту интереса к радиоактивным методам съемки и уровня технологий в этой области.

Первый этап начинается с 1922 года с возникновения эманационных методов. Впервые эманационную съемку в 1922 году использовал А. П. Кириков для поисков радиеносных зон под четвертичными отложениями в пределах рудного поля одного из месторождений Средней Азии [1]. Этому событию предшествовало не менее важное открытие В. Рентгеном радиоактивности в 1896 году. Оно послужило толчком к росту исследований в области ядерных процессов, и в частности к образованию ядерной геологии и радиогеохимии.

В 1923–1924 годах методы естественной радиоактивности были введены в Петроградском горном институте в качестве факультативного курса лекций, которые впервые прочитал Л. Н. Богоявленский, а в 1930 г. в Московском геологоразведочном институте была создана кафедра радиометрии под руководством В. И. Баранова [2].

В 1927 году выходит статья Л. Н. Богоявленского по радиометрической разведке Майкопского месторождения нефти, где измеряли радиоактивное поле по двум профилям с использованием ионизационной камеры [3]. По этим работам над залежами нефти было выявлено повышение радиоактивности, выходящее за пределы ошибки наблюдений. В это же время в связи с обнаружением аномальных концентраций радия в приконтак-



товых водах углеводородных залежей начинают проводиться радиогидрогеологические исследования пластовых вод нефтяных месторождений. В дальнейшем до 50-х годов XX века радиогеохимические съемки методами естественной радиоактивности при поисках залежей углеводородов не использовались.

Второй этап начинается с 1953 года. Ему предшествовало открытие в 1938 году деления ядер урана немецкими учеными О. Ганом и Ф. Штрассманом. В последующем это открытие приводит к созданию первого атомного реактора в США в 1942 году Э. Ферми и в СССР в 1946 году И. В. Курчатовым. Растет практическое использование урана и, вместе с тем, количество атомных электростанций. Эти факторы приводят к увеличению потребностей в урановой руде. Начинают интенсивно развиваются ядерно-геохимические методы исследования естественной радиоактивности.

В 50-х годах XX века появились новые методы исследования территорий, среди которых были методы изучения ореолов радиоактивных газов и гелия. Данные методы применяются для поиска урановых месторождений и многих нерадиоактивных полезных ископаемых, генетически или парагенетически связанных с радиоактивными элементами [1], а также при картировании зон тектонических нарушений [4].

В 1953 году Х. Лунберг приводит результаты аэрометрической разведки по профилю, пересекающему месторождение Редватер в Канаде. По этому профилю наблюдается участок низкой радиоактивности, который совпадает с проекцией нефтяной залежи на поверхность. Однако для границ залежи характерно относительное повышение радиоактивности [5]. Такие радиоактивные аномалии над нефтяными месторождениями объясняются диффузионной транспортировкой водорастворенного радия из глубоких горизонтов к земной поверхности. Залежи нефти в этом случае, по мнению Х. Лунберга, являются экраном для радия, за счет чего и появляются области низкой радиоактивности [6].

До середины 60-х годов XX века в Канаде и США проводились радиоактивные съемки над 30 нефтегазоносными месторождениями. В результате было показано, что большинство из этих объектов проявляют себя в радиогеохимических полях.

В 1956 году начинается широкое использование радиометрических методов при поисках нефтяных и газовых месторождений в СССР. Радиометрические исследования были проведены над известными нефтяными и газовыми месторождениями Нижнего Поволжья, Предкавказья и Западной Туркмении [7].

В 1956 году А. Ф. Грегори, сравнив данные по аэрогаммасъемке, сделанной Х. Лунбергом, с данными по гидрогеологии и геологии в пределах месторождений Редватер и Коалинга, приходит к выводу о случайной корреляции радиометри-

ческих аномалий с нефтяными месторождениями [8]. А. Ф. Грегори связывает изменения радиоактивности с изменением литологического и минерального состава поверхностных отложений, степенью засоленности почвенного слоя. В дальнейшем, сравнивая данные по гаммасъемке со структурно-тектоническими данными, У. Г. Келлог высказывает предположения о связи радиоактивных аномалий не с залежам углеводородов, а с выносом радиоактивных элементов с приподнятых структур [9]. К подобным выводам пришли также Ф. А. Алексеев и Р. П. Готтих, но они предложили использовать радиометрические методы для картирования тектонических нарушений и разломов [10].

В 1969 году Р. С. Фут утверждал, что предыдущие радиоактивные съемки являются недостаточными и неточными, поскольку гаммасъемка является высокочувствительным методом и необходимо корректировать ее данные с учетом космической радиации и радиации атмосферных радиоактивных элементов [11].

В 1972 году в США был разработан новый способ эманационной съемки, названный методом «травления треков». В СССР в 1973 году этот метод получил название «эманационный трековый метод». Такие методы отличаются от других тем, что специальная чувствительная к альфа-излучению пленка устанавливается в измерительной камере в грунт на 25–30 суток, после чего обрабатывается химическими реактивами с целью протравления следов альфа-частиц [4]. Данный метод применялся в основном при поисках месторождений радиоактивных руд [12]. В 1992–1993 годах производятся радиометрические работы методом, основанным на эманационном трековом методе. Последний был разработан в Онтарио (Канада) на 13 площадях [13] при выявлении зависимости концентраций радона от концентраций радия в почве над нефтяными месторождениями.

Третий этап начался с создания высокоточной регистрирующей аппаратуры, ростом знаний в области геохимии и геофизики. Происходит повышение интереса к радиогеохимическим методам в начале 80-х годов XX века. В это время широкое распространение получают термолюминисцентные детекторы, принцип работы которых заключается в накоплении энергии, падающей на детектор излучения. Термолюминисцентные исследования довольно широко применялись для выявления глубокозалегающих радиоактивных руд. Для решения нефтегазопроисковых задач термолюминисцентная радиометрическая съемка осуществляется сравнительно недавно. При поисках месторождений нефти и газа она широко использовалась в Китае, есть примеры подобных работ в Израиле. В 2007 году были применены термолюминисцентные детекторы на ряде месторождений в Западной Сибири [6].

В нефтяной геологии радиогеохимические исследования применялись не только для радио-



метрических съемок. В 1955 году В. Н. Дахновым, В. В. Ларионовым и Ю. М. Ивановым была предложена и опробована методика и технология применения радиоактивных индикаторов. Этот метод заключается в использовании гидродинамического воздействия на пласт и изучении распределения индикаторного флюида в прискважинной зоне. Индикаторами могут являться гамма-излучатель или нейтронно-поглощающее вещество [14]. Р. Н. Шахмалиев и А. А. Али-заде предложили применять для радоновых индикаторных исследований в качестве активатора радон, который обладает высокой растворимостью как в нефти, так и в воде. В дальнейшем М. С. Макаровым, Д. Б. Пинкензоном и В. Г. Калининским в 1974 году был разработан и внедрен радоновый индикаторный метод.

Очень большое влияние на усовершенствование радонового индикаторного метода оказали работы В. П. Филиппова. Он провел различные эксперименты, разработал теоретическую и методическую базу, что позволило применять индикаторный метод по радону для выявления остаточной нефтенасыщенности, для определения технического состояния скважины, динамических параметров коллектора [14].

В 1999–2008 годах проводилась наземная радоновая съемка в комплексе с газеохимической съемкой в различных районах Волгоградской и Астраханской областей. Работы проводились для определения возможностей радоновой съемки в пределах месторождений углеводородного сырья с использованием более современного и точного оборудования.

Съемка, проведенная в этих районах, в отличие от более ранних радиометрических работ, производилась на более высокоточном оборудовании. Для этого использовался измерительный прибор РГА-01 (радиометр альфа-активных газов). Применение данного прибора позволяет определять концентрации радона с точностью 1 кБк/м³ и измерять объемные активности непосредственно радона отдельно от тория и тем самым избавиться от помех, в отличие от получившего широкое распространение эманометра ЭМ-6. Эманометр ЭМ-6 применяется в основном для поиска радиоактивных руд, главными его недостатками являются время проведения одного замера (около 3 часов) и высокие погрешности измерений. Применение прибора РГА-01 позволяет получать значения объемной активности радона за короткий промежуток времени непосредственно в полевых условиях, т. е. изучать изменения концентраций радона в их динамике, в отличие от эманационных трековых методов. Оперативность замеров и высокая чувствительность метода являются важной характеристикой, многие геологические процессы динамичны и изменяются со временем, поэтому их необходимо изучать в динамике.

Методика проведения радоновой съемки заключается в бурении шурфов на глубину 0,6–1 м

и проведении в них замеров объемной активности радона. Из шурфов дополнительно отбирались пробы газовой смеси для анализа ее химического состава и определения ряда газов в лаборатории. Съемка была сделана на 6 территориях.

1. Площадь, расположенная в Волгоградской области в 4 км севернее от п. Городище. Она приурочена к Николаевско-Городищенской предбортовой ступени Приволжского мегавала. На данной площади не выявлено месторождений полезных ископаемых. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 72 кБк/м³.

2. Площадь, расположенная в Волгоградской области в 7 км западнее о. Эльтон. Приурочена к Заволжской депрессии Прикаспийской впадины. На данной площади не выявлено месторождений полезных ископаемых. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 80 кБк/м³.

3. Площадь, расположенная в Волгоградской области в пределах Памятно-Сасовского месторождения. Оно расположено в пределах Уметовско-Линевской депрессии. На данной площади выявлено месторождение нефти. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 350 кБк/м³.

4. Площадь, расположенная в Волгоградской области в пределах Весенней, Осенней и Зимней структур. Они расположены в пределах Романовской структурной террасы Кудиновско-Романовской приподнятой зоны. На данной площади выявлены месторождения нефти и газа. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 250 кБк/м³.

5. Площадь, расположенная в Волгоградской области в пределах Кудряшовской структуры. Она расположена в пределах Романовской структурной террасы Кудиновско-Романовской приподнятой зоны. На данной площади выявлены месторождения нефти. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 250 кБк/м³.

6. Площадь, расположенная в Астраханской области в пределах Южно-Вязовского лицензионного участка. Он расположен в пределах Сарпинского свода Хуторского вала, приуроченного к Сарпинскому прогибу Прикаспийской впадины. На данной площади выявлены месторождения нефти и газа. Концентрации радона в почвенном воздухе варьируют в пределах от 1 до 200 кБк/м³.

В результате проведенных работ было установлено, что на площадях с известными месторождениями нефти и газа концентрация радона в почвенном воздухе (газовоздушной смеси) достигает очень высоких значений – до 350 кБк/м³ при значениях фоновых концентраций 0,1–1 кБк/м³. Проведение данных работ позволило выявить определенные закономерности в распределении концентраций радона в пределах месторождений нефти и газа, которые сводятся к тому, что наиболее высокие объемные активности радона (на



2 порядка выше фоновых значений) наблюдаются над тектоническими нарушениями и зонами уплотнения, пересекающими залежь углеводородов, в то время как над залежью отмечены низкие концентрации радона (не более чем на 1 порядок выше фоновых).

Результаты радоновых съемок в пределах месторождений нефти и газа можно сравнить с накопленным опытом проведения эманационных съемок над залежами радиоактивных руд. Такого рода сравнение дает возможность выявить аналогии в распределении радиоактивных аномалий и найти определенные закономерности в распределении радона в пределах залежей углеводородов. Обобщив результаты эманационных съемок, можно провести сравнительный анализ аномальных концентраций радона в почве в пределах трех типов территорий:

а) территории с рудными телами. Радиоактивные аномалии в пределах рудных тел достаточно хорошо изучены, так, например, на участках с урановой минерализацией концентрации радона достигают максимума около 200–450 кБк/м³ при залегании рудных тел на глубине 200–300 м [1–4];

б) территории с нефтяными и газовыми месторождениями. В пределах нефтяных и газовых месторождений концентрации радона достигают максимальных значений, равных примерно 150–350 кБк/м³ при глубине залежей нефти и газа от 1500 до 3000–4000 м;

в) территории без каких-либо месторождений. В районах, не содержащих каких-либо месторождений или скоплений полезных ископаемых, концентрации радона не превышают 70–80 кБк/м³.

Проанализировав три типа территорий и концентрации радона в почве для каждого из них, можно сделать вывод, что высокие концентрации радона в почве связаны либо с залежами радиоактивных руд, либо со скоплениями нефти и газа. При этом значения аномалий в их пределах сопоставимы при различных глубинах залегания. Вполне возможно, что главную роль в формировании радоновых аномалий над залежами полезных ископаемых играют газы, переносящие радон к поверхности.

Таким образом, история развития эманационных методов, начавшаяся с 1922 года, прошла три основных этапа. На каждом из этих этапов интерес к радиометрическим методам съемки то увеличивался, то угасал. Эманационные методы в нефтяной геологии на современном этапе используются в основном для картирования тектонических нарушений и оценки перспектив нефтегазосности различных районов. За все время применения этих методов в нефтяной геологии появлялись различные точки зрения на источники радиоактивных аномалий в почве в пределах залежей углеводородов. В настоящее время уровень развития техники позволяет предположить, что аномальные концентрации радона в почве связаны со скоплениями полезных ископаемых, таких как

радиоактивные руды или углеводороды. Исходя из этого, на современном этапе появляется возможность более подробно исследовать данные аномалии и выявить причины и механизмы их формирования, что говорит о необходимости данных исследований. Автор настоящей статьи планирует в дальнейшем углубленно заниматься данной проблемой.

Мы выражаем свою признательность А. Д. Коробову за научное руководство и редакцию, С. Б. Остроухову и В. Н. Килякову – за ценные консультации.

Библиографический список

1. Сеницын А. Я., Козында Ю. О. Ядерногеохимические методы поисков месторождений твердых полезных ископаемых. Л.: Недра, 1991. 296 с.
2. Новиков Г. Ф. Радиометрическая разведка: учебник для вузов. Л.: Недра, 1989. 407 с.
3. Богоявленский Л. Н. Радиометрическая разведка нефти // Изв. Ин-та прикладной геофизики ВСНХ СССР. 1927. Вып. 3. С. 113–122.
4. Титов В. К., Венков В. А., Авдеева Т. Л., Кувшинникова Е. И. Экспозиционные эманационные методы поисков месторождений полезных ископаемых Л.: Недра, 1985. 132 с.
5. Lundberg H., Isford G. Oil prospecting with the radioactive method // World Petroleum. 1953. July 2. P. 40–42.
6. Lundberg H. Low radiation intensities over oil fields // Oil and Gas Journal. 1956. Vol. 54, № 52. P. 192–195.
7. Соколов И. С. Методы радиогеохимии при наземных поисках месторождений нефти и газа // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2007. Т. 311, № 1. С. 34–37.
8. Gregory A. F. Analysis of radioactive sources in aeroradiometric surveys over oil fields // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists. 1956. Vol. 40, № 10. P. 2457–2474.
9. Kellogg W. C. Observations and interpretation of radioactive patterns over some California oil fields // The Mines Magazine. 1957. Vol. XLVII, № 5 (57). P. 31–33.
10. Алексеев Ф. А., Гомтух П. П., Воробьева В. Я. Закономерности в распределении радиоактивных элементов и естественного γ -поля нефтегазоносных областей (к вопросу о природе радиометрических аномалий) // Тр. / ВНИИ-ЯГГ. 1968. Вып. 2. С. 3–122.
11. Foote, R. S. Review of radiometric techniques in petroleum exploration // Unconventional Methods in Exploration for Petroleum and Natural Gas / ed. W. B. Heroy. Southern Methodist University, Dallas, 1969. P. 43–55.
12. Kilmer C. Radiation lows over productive areas seen as soil geochemical phenomenon // Oil and Gas Journal. 1983. July 25. P. 179–184.
13. Tilsley J. E., Nicholls P. R. J. Investigation of soil gas radon as a petroleum exploration technique. Ontario Geological Survey, 1993. 207 p.
14. Филиппов В. П. Применение индикаторного метода по радону для изучения нефтенасыщенных пористых сред. М.: ВНИИОЭНГ, 2003. 272 с.