

арктических землях чаще всего происходит механическими или физико-химическими способами. Они считаются наиболее доступными и позволяют получить мгновенный результат. Однако традиционные методы не обеспечивают полной очистки, особенно в удаленных районах. В этих условиях все более актуальным становится применение биоремедиации (использование бисорбентов и биогенных добавок) [3]. Можно предположить, что применение биологических способов реабилитации в Арктике постепенно будет расширяться.

Заключение

Обобщая изложенное, можно констатировать, что нефтегазовая отрасль играла и скорее всего, будет играть ключевую роль в развитии экономики на протяжении всего XXI в. Из этого следует, что экологическая составляющая также будет приобретать все более значимую роль, ввиду того, что существуют как «накопленные» проблемы, так и новые вызовы.

К предметам обсуждения в сфере обеспечения экологической безопасности можно отнести: проблемы нормативно-правового регулирования, внедрения «зеленых» технологий, новых методов очистки загрязненных территорий. В настоящее время в мире становится все более популярным биоремедиация, которая основывается на активности микроорганизмов, способных ликвидировать нефтяное загрязнение. К данному методу стоит присмотреться внимательнее и возможно способствовать его более широкому применению.

Особо следует обратить внимание на уже произошедшие техногенные аварии и катастрофы с целью исследования их причин и последствий. Не последнюю роль здесь играет компетентность людей, их психоэмоциональное состояние, управление техногенными рисками.

Для России в условиях постепенного истощения запасов углеводородов в «староосвоенных» регионах перспективным становится Арктика и континентальный шельф. Однако именно на этой территории экологическая обстановка является не самой утешительной. Причина тому — промышленное наследие XX в., которое привело к утрате или сокращению биоразнообразия и мест обитания живых организмов. Поэтому необходимо не только продолжать изучать и осваивать арктический регион, но и позаботиться о восстановлении и сохранении его экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмадиев, А.К. Экологическая безопасность нефтегазовой отрасли: нормативно-правовой аспект / А.К. Ахмадиев, В.Н. Экзарьян // Газовый бизнес. — 2019. — № 3. — С. 48-54.
2. Ергин, Д. В поисках энергии: Ресурсные войны, новые технологии и будущее энергетики / Д. Ергин / Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 720 с.
3. Молчанов, В.П. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации; МЧС России / В.П. Молчанов, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. — М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. — 300 с.: ил.
4. Нефтезагрязненные биоекоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы): монография / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик, С.А. Иларионов, М.Ю. Маркарова, А.В. Назаров; УрО РАН, Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. — Пермь, 2008. — 511 с.: ил.
5. Zheng, Wan, Jihong Chen. Human errors are behind most oil-tanker spills / Nature 560, 161-163 (2018). doi: 10.1038/d41586-018-05852-0.
6. Ali, N., Dashti, N., Khanafer, M. et al. Bioremediation of soils saturated with spilled crude oil. Sci Rep 10, 1116 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57224-x>.

© Ахмадиев А.К., Экзарьян В.Н., 2020

Ахмадиев Артур Константинович // art696@mail.ru
Экзарьян Владимир Нишанович // vnekzar@rambler.ru

ИСТОРИОГРАФИЯ

УДК 550.8:553.691

Печенкин И.Г. (ФГБУ «ВИМС»)

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАБОТ ВИМСА ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕЛИЯ

До начала XX в. гелий считался экзотическим элементом. Значение легкого инертного газа было осознано в ходе Первой мировой войны. После гражданской войны в СССР был создан специальный Научный совет по гелию. Специалисты ВИМСа одни из первых практически обосновали представления В.И. Вернадского о «гелиевом дыхании Земли». С середины 1950-х годов в институте начались ис-

следования возможностей гелиометрического метода при поисках урана. Основой метода послужили представления о возможной концентрации радиогенного гелия в пределах урановых месторождений. Это предположение не подтвердилось. В ВИМСе А.Н. Еремеев организовал работы по площадной гелиевой съемке с составлением карт различных масштабов приповерхностного поля гелия. Была открыта ранее неизвестная закономерность — распределение повышенных концентраций свободного гелия зависит от глубинных, в т. ч. и рудоносных разломов земной коры. В 1969 г. результаты изучения гелиеносности были зарегистрированы как научное открытие. В настоящее время гелиометрический метод широко используется в науке и технике. **Ключевые слова:** ВИМС, ВИРГ, гелий, гелиометрический метод поисков, уран.

Pechenkin I.G. (VIMS)

HISTORICAL REVIEW OF THE VIMS'S WORK ON THE STUDY OF HELIUM

*Helium was considered an exotic element in prior to the beginning of XX century. The value of light inert gas has been realized in the course of the First World War. The Special Scientific Council on helium in the USSR was created after the Civil War. Specialists VIMS one of the first feasibly represent V.I. Vernadsky's «helium breathing of the Earth». Since the mid-1950s the institute began investigating the possibilities heliometric method in the search of uranium. The basis of the method were the ideas of the possible concentration of radiogenic helium within the uranium deposits. This hypothesis was not confirmed. In VIMS A.N. Eremeyev organized work on areal helium shooting with drawing maps of various scales of the surface of the field of helium. A previously unknown regularity was discovered — the distribution of elevated concentrations of free helium depends on the deep, including ore-bearing faults of the Earth's crust. In 1969, the results of the study of heliogenesis were recorded as a scientific discovery. At present, the heliometric method is widely used in science and technology. **Keywords:** VIMS, VIRG, helium, heliometric search method, uranium.*

«Наша наука никогда не станет ведущей, пока мы сами не научимся оценивать своих ученых».

П.Л. Капица

Пролог

Научно-техническая революция конца XIX — начала XX вв. привела к коренной модификации науки, техники, технологии производства и, как следствие, всего уклада жизни людей. Наука превратилась в решающий фактор общественного развития. Одно за другим следовали открытия в астрономии, физике и химии, медицине и биологии, машиностроении, электротехнике и в других направлениях наукоемких отраслей.

Появился спектральный анализ, с помощью которого можно было узнавать химический состав звезд и далеких галактик. Его использовала экспедиция Французской академии наук во главе с астрономом Пьером Жансеном, побывавшая в Индии, где 18 августа 1868 г. обнаружила при полном солнечном затмении в спектре солнечной короны желтую линию. Первоначально П. Жансен принял ее за линию D натрия. Но главное, что он установил — протуберанцы состоят из газов и их можно наблюдать и в обычные дни. Срочно в Парижскую Академию наук отправляется письмо, где изложены полученные результаты и описан новый метод спектроскопического исследования.

Независимо от П. Жансена английский астроном Джозеф Норман Локьер, используя более точные измерения, установил, что желтую линию нельзя было приписать ни одному из известных в то время элементов и обозначил ее D₃.

Письмо П. Жансена прибыло в Париж только 24 октября 1868 г., и в тот же день, но несколькими

часами раньше в Академию из Лондона поступило письмо Д. Локьера, отправленное четыре дня назад. На следующий день письма были рассмотрены на заседании Академии, итогом которого стало решение отчеканить медаль в честь открытия метода, позволяющего начать изучение космических тел. Подчеркнем — медаль выбита именно в честь нового метода исследования протуберанцев и далеких светил, а не открытия нового элемента. В 1871 г. Д. Локьер совместно с английским химиком Эдвардом Франкландом объяснил происхождение новой желтой линии D₃ присутствием на Солнце нового элемента, которому предложил дать название «гелий» (от греч. ἥλιος — «солнце»), решив, что он существует только на Солнце.

На Земле гелий довольно редок. Долгое время его не могли обнаружить. 13 августа 1894 г. британский физик лорд Рэйли и шотландский химик Уильям Рамзай совместно объявили об открытии нового элемента в атмосфере — первого инертного газа, который называли аргоном (от греч. ἀργός — «ленивый, медленный, неактивный») из-за его инертности. В январе 1895 г. ученые сделали сообщение в Английском Королевском обществе о попытках получить химические соединения аргона с другими элементами. Их выступление слушал минералог Генри А. Майерс, который предложил У. Рамзаю познакомиться со статьей американского химика Уильяма Ф. Гиллебранда, установившего, что при воздействии крепкой серной кислоты на урановую смолку выделяется газ. У. Гиллебранд считал, что это азот. У. Рамзай провел спектроскопический анализ газа, выделяемого при обработке кислотой урансодержащего клевеита. Он обнаружил, что в газовой смеси содержатся не только азот, но и аргон, а также неизвестный газ, дающий в спектре яркую желтую линию. И это новое вещество, возможно, соответствует линии в спектре солнечной короны [12].

У. Рамзай переслал свою трубку с газом для детального исследования в частную лабораторию выдающегося спектроскописта Уильяма Крукса. В письме он сообщил, что открыл новый газ, которому дал имя «криптон» (от греч. Κρυπτός — «скрытый, секретный»). Утром от У. Крукса пришла телеграмма: «Криптон — это *гелий* точка. Приезжайте посмотреть точка». У. Крукс в спектре гелия выявил не только линию D₃, но и ряд других, позднее установленных астрономами на звездах, что подтвердило идентичность гелия земного и космического происхождения.

У. Рамзай доказал, что гелий, — такой же инертный газ, как и аргон. Он сделал вывод, что им обнаружена новая группа Периодической таблицы Менделеева — нулевая. Продолжая свои опыты, он с помощником Моррисом Уильямом Траверсом в 1898 г. за 42 дня



Уильям Рамзай
(Sir William Ramsay)

открыл три новых элемента — инертные газы: неон, криптон, ксенон.

В 1896 г. французский физик Антуан Анри Беккерель открыл явление радиоактивности, присущее урановой соли, а спустя три года супруги Кюри открыли новый химический элемент — радий. Английский физик Эрнест Резерфорд обнаружил на поверхности радия пузырьки какого-то газа, также испускавшего невидимые лучи. Исследования показали, что газ ведет себя как инертный, не соединяясь с другими химическими элементами. Э. Резерфорд назвал его «эманацией радия».

Уильям Рамзай совместно с химиком Фредериком Содди исследует новый газ. Спектральный анализ показал, что в трубке находится только эманация радия и ничего больше. Спустя четыре дня У. Рамзай повторно изучает содержимое трубки и обнаруживает присутствие гелия. При этом количество эманации радия заметно уменьшилось. Несомненно — элемент гелий получился из другого элемента — радия. В результате последующих опытов было определено, что гелий выделялся из радия и что при распаде некоторых атомных ядер образуются так называемые альфа-частицы — ядра атомов гелия [12].

Открытие гелия в природном газе

Вскоре гелий был обнаружен в ряде минералов и горных пород, особенно в тех, где присутствует уран или торий. Обнаружили гелий также в газах Вильбадских источников в Германии, в фумаролах вулканов Италии и в других местах. Однако его содержание было незначительно. Он все еще оставался экзотическим газом.

Производство гелия в начале XX в. было ограничено поставкой из нескольких скважин в США. Открытие первой скважины восходит к 1903 г., когда на окраине небольшого городка Декстер (штат Канзас) нефтяная компания на глубине 120 м вскрыла крупную газовую залежь. Ежедневно более 250 000 м³ газа терялось до того, как было найдено оборудование для консервации скважины. Граждане Декстера уже мечтали о строительстве металлургического завода, об организации производства местного кирпича и стекла.

В мае планировались праздничные мероприятия, кульминацией которых, как писалось в проспекте, должен был стать «... мощный огненный столб из скважины, способный ярко осветить как днем ночные окрестности». После эмоционального обращения мэра, возбужденная толпа с нетерпением ожидала, как горящий тюк сена подожжет газовый фонтан. Однако вместо этого огонь горящего тюка погас. Неустрашимый мэр несколько раз безрезультатно повторял попытку поджечь газовую струю. Разочарованная и озадаченная толпа была разогнана представителями фирмы, чтобы мероприятие не получило широкой огласки.

На церемонии присутствовал Эрасмус Хейворт — профессор геологии и минералогии Канзасского университета, который заинтересовался этим феноменом и отобрал образец газа. По возвращении он с химиком

Дэвидом Фордом Макфарлендом провел анализ газа. Результаты дали научное объяснение загадке Декстера. Газ содержал только 15 % горючего метана и 73 % азота, о чем исследователи доложили на собрании Геологического общества Америки в Филадельфии 30 декабря 1904 г. Они обнаружили, что газ также содержал 12 % «инертного» остатка. Работая в университетской химической лаборатории Бейли Холл, Гамильтон П. Кэди и Дэвид Ф. Макфарленд 7 декабря 1905 г. провели новый анализ образца и обнаружили, что он содержал ошеломляющие 1,84 % гелия [15].

После совершенствования методики быстрого определения количества гелия в природном газе и отделения его от других газов, исследователи начали анализировать пробы из скважин газовых месторождений Великих равнин (Канзас, Оклахома, Миссури). К середине 1906 г. они смогли сообщить о возможности получения гелия практически в неограниченных количествах, и в ноябре 1907 г. они констатировали факт, что гелий уже не редкий элемент — он существует в достаточном количестве для использования, которое еще для него не найдено. Хотя гелий теперь был потенциально доступен в больших количествах, он оставался лабораторным курьезом. В течение почти 10 лет весь американский запас его помещался в трех стеклянных трубках, пыльных и почти забытых на полке в лаборатории Бейли Холл Канзасского университета.

Все изменилось в 1917 г., когда Уильям Рамзай в своем письме предложил Соединенным Штатам начать производство гелия в военных целях для наполнения дирижаблей, ведь он имел почти такую же подъемную силу, как и огнеопасный газообразный водород. Однако цена гелия была все еще слишком высокой — 89 000 долл. за 1 м³, т. е. наполнение одного небольшого дирижабля могло обойтись более чем в 100 млн долл. Правительство США возводит заводы в штате Техас, и за 10 лет цена за 1 м³ гелия снизилась до 1,5–2 долл. Крупномасштабное производство для наполнения дирижаблей началось только к концу Первой мировой войны, но гелий уже стал считаться стратегическим сырьем.

Побочный эффект

Обнаружение гелия в воздухе, а затем и в природном газе было только началом. Как извлекать его из столь доступных источников? В 1898 г., когда холодильная техника дала У. Рамзаю и М. Траверсу возможность работать при минус 200 °С были приготовлены сотни килограммов жидкого воздуха. Постепенно, при его нагревании, они собрали наиболее испаряющуюся часть — гелий, неон, азот. При помощи фракционной перегонки эти газовые «сливки» подвергали более глубокому (до –253 °С) охлаждению жидким водородом,



Эрасмус Хейворт
(Erasmus Haworth)

получая достаточно чистый гелий. Его содержание в воздухе оказалось в 2000 раз меньше, чем аргона. Позднее, при росте потребностей в гелии, были найдены более экономичные источники и технологии его получения [12].

В 1908 г. голландский физик Хейке Камерлинг-Оннес впервые сумел получить жидкий гелий и достичь рекордно низкой на тот момент температуры 0,9 по шкале К. Он впервые наблюдал явление резкого падения электрического сопротивления ртути при температуре ниже 4,1 °К, получившего название сверхпроводимости. В 1913 г. его удостоили нобелевской премии по физике «... за исследования свойств вещества при низких температурах, которые привели к производству жидкого гелия». Недаром Х. Камерлинг-Оннес заслужил почетное прозвище — «Господин Абсолютный ноль». В 1938 г. П.Л. Капица открыл сверхтекучесть гелия-II. Его исследования сверхтекучести расширили, в частности, представления о сверхпроводимости металлов.

Криогенные технологии, применяемые в годы Первой мировой войны для получения гелия, позволили в конечном итоге разработать условия для сжижения метана. Например, одна из технологических схем, в которой гелий был главным целевым продуктом, предусматривала частичную конверсию метана для получения водорода, затем обогащение этим водородом основной массы гелийсодержащей газовой смеси, сжатие и подачу в холодильную установку с отбором сжиженных (метан-азот) и несжиженных (гелий-водород) фракций. Эти исследования позволили Горному бюро США в 1924 г. выпустить первый жидкий метан в качестве побочного продукта разделения гелия.

Начало геологии гелия

Промышленному производству гелия предшествовали комплексные геологические исследования, включающие изучение литологии осадочных нефтегазоносных толщ, их гидрогеологических особенностей и состава природных газов. Горное Бюро США поручило руководство этими работами талантливому исследователю доктору Гайяру Шерберну Роджерсу. В 1915–1919 гг. было проведено массовое опробование газоносных скважин и открыто несколько месторождений с высокими концентрациями гелия.



Гайяр Шерберн Роджерс (Gaillard Sherburne Rogers)

В 1918 г. обнаружено одно из крупнейших в мире нефтегазовых полей протяженностью 490 км при ширине 13–91 км. Это был первый гигант по запасам гелия — Панхандл-Хьюготон, с начальными извлекаемыми запасами газа 2,0 трлн м³.

Полученные в то время экспериментальные данные о сохранности гелия в породе и минералах были весьма противоречивы. Анализируя кон-

кретную геологическую обстановку известных объектов, Г.Ш. Роджерс пришел к твердому убеждению, что высокая гелиеносность месторождений указывает на наличие каких-то специфических условий. Для их выявления он рассмотрел ряд гипотез [16].

На первом этапе работ рассматривалась гипотеза о приуроченности проявлений гелия к коллекторам пенсильванских толщ пермь-карбонового возраста. Это было обусловлено наличием гелия только в газах известных и хорошо изученных к тому времени месторождений Петролия и Генриэтта. Ряд исследователей сделали вывод об особых гелийпродуцирующих свойствах пенсильванских толщ и о бесперспективности поисков гелия вне этой системы. От этого вскоре пришлось отказаться, т. к. интенсивное гелиенасыщение было обнаружено в коллекторах различного возраста — от палеозоя до верхнего мела.

Одновременно была установлена приуроченность высокой гелиеносности к областям сочленения пологозалегающих осадочных толщ с древними гранитными массивами. Там, где гелиевые месторождения были обнаружены далеко от выходов гранитных массивов, геологи пытались найти погребенные кристаллические структуры. Это позволило Х.П. Кэди и Д.Ф. Макфарленду выдвинуть гипотезу о том, что гелий образуется в подстилающих гранитных породах за счет распада радиоактивных элементов, находящихся там в повышенных концентрациях. Накопление гелия в вышележащих коллекторах происходит за счет его восходящей миграции. Предполагалось, что гелий выделяется из подстилающих гранитных пород, но только на отдельных участках их интенсивного прогрева, связанного с поствулканической деятельностью, или из тех же пород, но на отдельных участках в зоне мощных разломов [15].

Некоторые исследователи считали, что гелий мог образоваться в месторождениях радиоактивных элементов, приуроченных к некоторым подстилающим массивам гранитов.

Для объяснения случаев сверхвысокой генерации гелия Г.Ш. Роджерс рассмотрел известные факты повышения содержаний радиоактивных элементов в гранитах и осадочных породах в 50–100 раз и допускал даже наличие в субстрате Мид Континента и плато Колорадо месторождений радиоактивных руд. Все упомянутые генетические факторы гелиенакопления иллюстрировались примерами геологической ситуации центральной части США, для которой характерны крупные разломы, молодые интрузии базальтоидов, аномально высокие тепловые потоки, а также уже тогда известные значительные скопления вторичных урановых минералов — карнотитов.

В заключении генетического обзора Г.Ш. Роджерс отдал предпочтение двум положениям: 1) гелий образуется из урана и тория, месторождения которых расположены вблизи горизонтов, заключающих в себе гелиеносный газ, 2) гелий существует искони и приходит из находящихся на глубине вместилищ. Он отмечал: «...первая гипотеза во многих отноше-

ниях представляется наиболее приемлемой... Но если невозможно будет доказать существование подобных месторождений, и если другие гипотезы не получат новых доказательств, то путем исключений придется обратиться к теории первичного гелия» [16].

В то же время, рекомендуя изучение связи гелия с радиоактивностью для проверки первого, наиболее простого и доступного объяснения генезиса гелиеносных газов, Г.Ш. Роджерс привел балансовые расчеты Шарля Муре и Адольфо Лепана (1914 г.). По их мнению, для получения того количества гелия, которое выделилось в шахте Франкольгольц только за учетные 20 лет эксплуатации, понадобился бы распад радиоактивных веществ, находящихся в 33 млрд т каменного угля, на протяжении 100 млн лет, а для обеспечения потока гелия в термальных источниках Карно Сантаней (Франция) необходим постоянный распад 500 млн т урановой смолки, что весьма нереально.

Работа Г.Ш. Роджерса завершила начальный период изучения геологии гелия. В его статьях 1918 г. и книге, вышедшей после его гибели на полевых работах в Колумбии (1919) в 1921 г. (русский перевод 1935 г.) впервые проведен анализ множества факторов формирования природных гелийсодержащих газов.

Отечественные работы по изучению гелия (1910–1930 гг.)

Зарубежные исследования в начале XX в. взаимосвязи урановых минералов с репродукцией гелия в земных недрах стали основным направлением работ в этой области. В царской России изучение гелия не проводилось, хотя В.И. Вернадский дважды пытался поставить эту задачу перед Императорской академией наук. Он стремится обратить внимание ученых на другую сторону проблемы формирования гелия — газовый обмен Земли. В 1911 г. на Втором Менделеевском съезде в Петербурге в докладе «О газовом обмене земной коры» В.И. Вернадский говорил о выносе Землей в космос гелия вместе с водородом. В следующем году В.И. Вернадский сделал расширенный и более аргументированный доклад — «Об изучении газового дыхания Земли». Но в финансировании на изучение этой проблемы ему было отказано. После этого Владимир Иванович к гелию и газовому дыханию Земли возвращался многократно в лекциях в МГУ, в «Минералогических записках» [9, 14].

В 1915 г. под руководством В.И. Вернадского организуется Комиссия по изучению естественных и производительных сил (КЕПС) России с основной задачей — направить природные богатства страны на нужды фронта. В составе КЕПС был образован особый газовый отдел. Еще 1908 г. в Учебном воздухоплавательном парке в Санкт-Петербурге был построен первый в России военный дирижабль «Учебный» (автор проекта капитан Афанасий Иванович Шабский). К началу Первой мировой войны в России имелось уже несколько воздухоплавательных рот. Химики и промышленники сосредоточились на производстве гелия для дирижаблей. Революционные события 1917 г.

и последовавшая Гражданская война приостановили развитие газовой отрасли.

В СССР поиски гелия начались в 1920-е годы. Поскольку он представляет собой продукт полураспада радия, то все работы по исследованию газовых месторождений были сосредоточены в Государственном радиевом институте, созданном в начале 1922 г. под руководством академика В.И. Вернадского путем объединения всех радиологических учреждений Петрограда. Возглавил эти работы В.Г. Хлопин, принимавший активное участие в организации поисков и исследовании гелиевых месторождений, в разработке аналитических методов его определения [13].

Большой вклад в изучение проблемы гелия в 1920-е годы внес Александр Григорьевич Воробьев — инженер воздухоплавания, историк авиации, единственный в мире профессор по воздухоплаванию. Осенью 1922 г. он, будучи заведующим научно-технической частью Военной воздухоплавательной школы Рабоче-крестьянской Красной армии (РККА), выступил на химической секции Русского технического общества (РТО). По его докладу РТО приняло решение о своевременности и целесообразности производства анализов природных газов на содержание гелия и разработки возможности его добычи. Инициатива была поддержана КЕПС, и в 1923 г. Научный комитет воздушного флота выделил кредит для организации первой советской газовой экспедиции.

Зарубежные методы анализа газовых смесей на гелий требовали дефицитных и дорогостоящих реагентов, и в них были рассчитаны богатые гелием смеси. В связи с этим подтвердить наличие гелия в отечественных месторождениях удалось только после внедрения прибора, который сконструировали сотрудники газового отдела КЕПС Александр Иосифович Лукашук и Виталий Григорьевич Хлопин. Сотрудниками Радиевого института, Комитета по гелию и некоторых других вновь созданных организаций в 1920–1930-е годы были отобраны и проанализированы первые десятки проб [9].

После получения положительных результатов 5 сентября 1924 г. Центральный исполнительный комитет СССР и Совет народных комиссаров СССР объявили о «государственной монополии на хранение и распоряжение гелием», оставляя свободной его добычу. С 1924 г. по гелиевой проблеме начинают или продолжают работать: Научный совет по гелию (В.И. Глебова), Газовый отдел КЕПС (В.И. Вернадский, позднее В.Г. Хлопин), Лаборатория Высшей воздухоплавательной школы РККА (А.Г. Воробьев), Лаборатория при секции неметаллических ископаемых Геолкома (А.С. Кобзева). В 1925 г. создается Комиссия по добыче гелия и других благородных газов



Виталий Григорьевич Хлопин (1920-е гг.)



**Вера Ильинична
Глебова**

при Главном экономическом управлении ВСНХ СССР (Гелиевая комиссия, с октября 1925 г. — Гелиевый комитет) (В.И. Глебова, Н.М. Федоровский, И.В. Покровский, Б.Н. Воробьев и др.), а Научный совет переходит в ведение Гелиевой комиссии и преобразовывается в Научно-технический совет по редким газам (Председатель — А.Е. Ферсман) [4, 8].

С 1924 по 1929 г. были обследованы почти 60 газоносных районов СССР, в том числе более 10 с относительно высоким содержанием редких газов. Основным для дальнейших работ определен участок Мельниково в Нижневолжском крае, природные газы которого содержали до 0,12 % гелия. Внимания заслуживал и отдаленный, необжитый, но перспективный Ухтинский район, где содержание гелия в газах в 1926 г. фиксировалось на уровне 0,25 %. Дальнейшее развитие промышленности природных газов связывалось с возможностью промышленной добычи гелия [9].

В 1929—1931 годы в системе советской геологии были проведены преобразования. В объединении «Союзгеоразведка» создано было Газовое бюро, а 1 октября 1933 г. оно переведено в «Союзгаз» и получило название «Гелиогазразведка». В 1934—1935 гг. геологоразведочные работы на гелиеносные газы осуществлялись в Саратовском крае, Дагестане, Кубани и др. В дальнейшем происходит снижение активности геологоразведочных работ, связанное с временным изменением потребностей в гелии [13].

В 1920—1930-е гг. авиационная концепция России развивалась в направлении дирижаблестроения. Дирижабли использовались в агитационных целях и для нужд противовоздушной обороны. Гелий был нужен как воздух. 20 февраля 1930 г. командующим ВВС РККА Яковом Ивановичем Алкснисом была подготовлена секретная записка, рассмотренная на заседании комиссии Политбюро ЦК ВКП(б) по дирижаблестроению. Утверждается трехлетняя программа развития дирижаблестроения в СССР, которая включала организацию производства, опытное строительство и решение задач добычи, очистки и транспортировки гелия.

На работу приглашается выдающийся конструктор дирижаблей, исследователь Арктики — генерал Умберто Нобиле. В 1931—1935 гг. он работал главным конструктором и техническим руководителем комбината «Дирижаблестрой» (г. Долгопрудный). Под его руководством были спроектированы и построены советские дирижабли полужесткой конструкции.

Строительство дирижаблей относилось к ведению Всесоюзного объединения гражданского воздушного флота при Совете труда и обороны (СТО) СССР, но их предполагалось использовать в военных целях в

качестве стратегических разведчиков, а также ночных бомбардировщиков. Получив в 1930 г. статус государственной программы, дирижаблестроение не дало заметных результатов. На фоне достижений авиации 1930-х годов подразделение «Эскадра дирижаблей гражданского воздушного флота» выглядело неубедительно. 6 февраля 1938 г. крупнейший советский дирижабль «СССР В-6» («Осоавиахим») потерпел крушение. Это был последний дирижабль Умберто Нобиле и последний, построенный в СССР транспортный воздушный корабль. Гибель «В-6» закрыла путь к «тихому» небу, открыв дорогу авиации. На вопрос, а стоило ли стране отказываться от воздухоплавания до сих пор нет четкого ответа.

Развитие работ по гелию, достигшее в 1933—1935 гг. своего максимума, постепенно сократилось. Этот спад продолжался до середины 1940-х годов пока не определились новые, стратегически важные сферы потребления гелия — атомная отрасль, ракетостроение, металлургия, физика сверхнизких температур и др.

Результаты наиболее полного исследования по геологии и геохимии гелия этих лет приведены в работе Михаила Сергеевича Горюнова и Анатолия Львовича Козлова «Вопросы геохимии гелиеносных газов и условия накопления гелия в земной коре», изданной в 1940 г. В ней подводятся итоги накопленных к тому времени данных по вопросам геологии гелия. Основное внимание при этом уделяется исследованию геологических условий залегания гелиеносных газов и их происхождению. К этому времени становится ясным — гелий не может давать самостоятельных скоплений в недрах. Он всегда является примесью к природным газам [13].

Становление отечественной гелиевой промышленности *Мельниковское месторождение газа — первенец гелиевой промышленности*

На одном из хуторов Самарской губернии, где жили два брата Николай и Гаврила Александровичи Мельниковы, стоял срубовый колодец. Когда-то он обеспечивал водой и хутор, и округу. Но вода ушла, и Николай Мельников решил пройти скважину, заложенную на дне колодца. Весной 1906 г. начались работы. На глубине 94 м вместо воды вырвался газовый фонтан. Напор газа был такой силы, что выбрасываемый им песок в 10 минут просверлил насквозь доску толщиной 2,5 см, помещенную над отверстием трубы примерно на высоте метра. Начальное давление на устье составляло 1,72 атм. Пробы газа были отправлены на анализы в Ригу. В пятистах метрах была заложена вторая скважина, которая вскрыла уже известный газоносный горизонт и еще один на глубине 97 м [5].

Известие о появлении газа в имени Мельниковых заинтересовало геологов и химиков. Все рассчитывали на возможное обнаружение нефти.

На XII съезде русских естествоиспытателей и врачей Н.А. Мельников сделал доклад «Открытие природного светильного газа в Самарской губернии». Анализ показал азотно-метановый состав газа (около 53 %

метана и 40–43 % азота). После проходки двух первых скважин работы остановились. Бурение возобновилось только через два с половиной года. Мельниковский газ сначала подавался для освещения построек хутора. Позднее им стали отапливать печи кирпичного и стекольного заводов.

В 1911 г. местное земское сообщество, заинтересованное в открытии нефти, обратилось с просьбой в Горный департамент прислать геолога для изучения местной геологии. Выбор пал на сотрудника Геолкома Николая Николаевича Тихоновича, который объяснил своеобразный состав Мельниковского газа его связью с нижележащими пластами. Он считал газы сланцевыми. Для проверки гипотезы образцы местных битуминозных сланцев подогрели и собрали выделившийся газ, спектральный анализ которого показал наличие следов аргона и гелия при высоком содержании азота. Логично было проверить на гелий и собственно Мельниковские газы, где доля азота превышала 40 %. В результате в них также был обнаружен гелий. Однако для точных измерений не было необходимого лабораторного оборудования.

Вклад Н.Н. Тихоновича, который является первооткрывателем гелия в России, урало-поволжской нефти и прикаспийских газов, до сих пор недооценен. Позднейшая оценка советских историков представила его как одного из противников поисков нефти и газа в этом регионе [9].

После революции участок перешел в ведение Саратовского губсовнархоза. В 1921–1928 гг. пробурено 11 скважин. Все они едва доходили до 95-метровой глубины и закладывались в 100–200 м друг от друга. В связи с малой мощностью газоносных слоев и низким пластовым давлением их дебит был невелик. Оставался нерешенным вопрос о площади и запасах всего месторождения. Развитие газового промысла региональными властями достигло предела, поскольку, с одной стороны, изучение района требовало выяснения запасов и глубокого бурения, с другой — определения целевого назначения газа, возможного круга потребителей и т.п. Саратовские недра еще долго были бы не востребованы, если бы не гелий.

В мае 1923 г. журнал «Нефтяное и сланцевое хозяйство» опубликовал статью А.Г. Воробьева «Гелий и перспективы его получения из природного газа», в которой освещался зарубежный опыт технологии выделения гелия из природных газов. Автор рекомендовал в качестве отечественного сырья использовать газы Мельниковского месторождения. В 1923–1924 гг. химик Геологического комитета Александра Сергеевна Кобзева в составе мельниковского газа выделила и впервые количественно определила гелий. Его содержание достигало 0,12 %, чего было достаточно для организации новой отрасли. С 1 марта 1928 г. буровые работы в Мельниково взял на себя Центр.

Параллельно с изучением геологии района в Ленинградском физико-техническом институте (ЛФТИ), газовых лабораториях КЕПС и Геолкоме шло создание технологий выделения гелия из отечественных при-

родных газов. В 1929 г. ЛФТИ были получены первые литры советского гелия из природного газа Мельниковского месторождения методом фракционированного ожижения. Была доказана возможность выделения гелия из бедных гелиеносных газов с содержанием 0,15–0,20 %.

В феврале 1931 г. начинается строительство опытной гелиевой установки. Опытные работы по выделению гелиевого концентрата из природного газа проводились с апреля 1932 г. К июню методом фракционированного ожижения удалось получить 40-процентный гелиевый концентрат, в дальнейшем — 98-процентный гелий. В 1935–1936 гг. велось строительство второй, более мощной установки, а в 1937 г. предприятие вошло в эксплуатацию. Однако Мельниковское газовое месторождение неумолимо истощалось. Из-за нехватки сырья с 1 января 1939 г. предприятие было переориентировано на выполнение научно-исследовательских работ. 1940-й год стал последним годом официальной работы Мельниковского гелиевого завода. 4 февраля 1941 г. его было решено ликвидировать [5].

Мельниково стало базой для геологического изучения Саратовского Заволжья и школой советской газопереработки. Благодаря чему в СССР была продемонстрирована технологическая возможность получения гелия из бедных смесей.

На подступах к гелию Ухты

Летом 1926 г. в Печорском крае на Среднем Тимане работала экспедиция Геологического комитета. Одной из ее целей был поиск месторождений гелия. Участники экспедиции Александр Андреевич Черепенников и Михаил Васильевич Воробьев обнаружили в бассейне р. Ухта выходы газа на площади до 2 тыс. км². Черепенников А.А. в выходах природных газов и подземных вод провел несколько замеров радиоактивности эманационным методом. Измерения неожиданно показали высокую радиоактивность воды из скважины на территории Ухтинского нефтяного месторождения. В 1927 г. в лаборатории было установлено, что радиоактивность обусловлена необычно высоким содержанием ²²⁶Ra — в среднем 7,6×10⁻⁹ г радия на литр. В самых богатых из известных источников радиоактивных вод в Гейдельберге (Германия) и Иоахимстале (Чехословакия) содержание радия было в десять раз ниже.

Активное освоение Ухтинского нефтеносного района началось в 1929–1930 гг. Если Мельниковское месторождение до этого рассматривалось как опытно-промышленная база для отработки технологий добычи и извлечения гелия, то Ухта должна была стать полноценным гелийдобывающим регионом. Однако не только квалифицированной, но даже просто рабочей



**Николай Николаевич
Тихонович (1907 г.)**

силы здесь не было. Для промышленного освоения региона необходимо было, помимо капиталовложений и решения транспортных проблем, организовать обеспечение трудовыми ресурсами. Решение этих вопросов правительство решило возложить на исправительно-трудовые лагеря ОГПУ.

В 1929 г. на р. Ухта направляется экспедиция ОГПУ, состоявшая из заключенных и сформированная Управлением Северными лагерями особого назначения (УСЕВЛОН). К июлю 1929 г. первый отряд экспедиции был сформирован и состоял из 139 человек. Экспедиция высадилась в устье речки Чибью, на месте заброшенного нефтепромысла Русской нефтяной компании. 13 октября прибыла вторая партия под руководством Якова Моисеевича Иосема (Мороза) — будущего «хозяина Ухтпечлага» [7].

Главный итог деятельности экспедиции в 1929–1930 гг. — строительство необходимой базы для расширения добычи открытых экспедицией промышленных запасов нефти, радиоактивной воды и каменного угля. 1932–1934 гг. явились переломными в формировании Ухтинского и Воркутинского промышленных районов как очагов индустриализации Печорского края. С начала 1930-х годов в Ухтинском районе работали опытные специалисты горного дела — Николай Николаевич Тихонович, Иван Николаевич Стрижов, Николай Михайлович Леднев, Алексей Алексеевич Аносов и др. Именно они обеспечивали выполнение работ по договору, заключенному ГУЛАГом и «Стройгазом».

Важным было и другое направление производства Ухтпечлага — организация переработки гелия. Концентрация гелия в ухтинских газах была одной из самых высоких среди образцов, отобранных по всему СССР. В начале 1930-х годов одним из руководителей геологической службы Ухтинской экспедиции, а позже Ухтпечлага был осужденный профессор горной академии Иван Николаевич Стрижов. В конце 1933 г. он составил «План разведки и добычи гелия на Тимане», где наметил 12 районов поиска. В 1932 г. И.Н. Стрижов и Н.Н. Тихонович открыли Ярегское нефтяное месторождение, а позднее — Седельское газовое (1935).

В 1931 г. комиссия Политбюро ВКП(б) с участием И.В. Сталина обсудила вопросы освоения Севера, в том числе поисков гелиеносных газов. При бурении на нефть в 1932 г. в районе Верхней Чути было вскрыто мощное скопление природного газа с содержанием гелия до 0,45 %. Именно это стало обоснованием для организации в районе Ухты его добычи и переработки. В 1935 г. Совнарком СССР принял решение о строительстве гелиевого завода, крупнейшего в Европе. В 1936 г. планировалось, что при выходе завода к 1942 г. на полную мощность производство гелия составит 100 тыс. м³. Помимо гелия завод должен был производить около 2,2 тыс. т сажи в год.

Начавшаяся Великая Отечественная война внесла свои коррективы. Производство сажи было признано приоритетным по сравнению с выработкой гелия.

В 1941 г. Газстрой Ухтоижемлага НКВД СССР получил задание построить 12 сажевых заводов общей производительностью 12 000 т сажи в год. Одновременно рядом с площадкой строительства сажевых заводов развернулось строительство завода № 6 — объекта по производству гелия. После окончания войны в Ухту был доставлен комплект оборудования для получения гелия из природных газов производства немецких фирм «Сюрт» и «Линде». Осенью 1949 г. строительномонтажные и наладочные работы завершились: гелием был наполнен первый баллон [7, 9].

С развитием науки и техники, освоением космоса, реализацией атомного проекта, развитием ракетостроения, атомного подводного флота, криогенной технологии — потребность страны в гелии возросла. В 1958 г. Совмин СССР принимает постановление о строительстве нового завода по производству гелия из ухтинских газов. О масштабах производства говорит тот факт, что созданный в конце 1940-х годов завод долгое время оставался ведущим предприятием СССР, обеспечивая до 70 % всесоюзного производства этого газа.

Атомный проект. Гонка началась

В июне 1940 г. академики В.И. Вернадский и В.Г. Хлопин направляют в АН СССР записку, в которой говорится: «... в СССР должны быть приняты срочные меры к формированию работ по разведке и добыче урановых руд и получения из них урана. Это необходимо для того, чтобы к моменту, когда вопрос о техническом использовании внутриатомной энергии будет решен, мы располагали необходимыми запасами этого драгоценного источника энергии ...». 16 июля 1940 г. она была рассмотрена в Президиуме АН СССР, а уже 30 июля в АН СССР создается Комиссия по проблеме урана. Сразу же было решено создать Государственный фонд урана. В предгрозовое для страны время ученые-геологи работают над выделением перспективных районов для поисков месторождений урана. Вся информация стекается к академику А. Е. Ферсману, он выступает экспертом Правительства. К 1940 г. в СССР было известно только пять небольших месторождений в Ферганской долине: Тюямуюн, Майлисай, Уйгурсай, Табашар и Адрасман. На начало 1944 г. запасы урана составляли всего 200 т, среднее содержание — около 0,1 % [1].

1940 г. стал своеобразным рубежом в создании ядерного оружия. Один за другим стартуют национальные атомные проекты: январь 1940 г. — германский «Урановый проект»; май 1941 г. — японский атомный проект «Проект Ни»; сентябрь 1941 г. — великобританский «Тьюб эллоуз»; 6 декабря 1941 г. — «Манхэттенский проект» США; 28 сентября 1942 г. — Распоряжение ГКО № 2352 «Об организации работ по урану»; август 1943 г. — Объединение атомных проектов США и Великобритании; 16 июля 1945 г. — первое испытание атомного оружия в США.

Важным практическим шагом в решении проблемы отечественной сырьевой базы урана стало Распоряжение Государственного Комитета Обороны № 3834 сс

от 30 июля 1943 г.: «Об организации геологоразведочных работ, добычи урана и производства урановых солей». В этом документе, в частности, предписывалось создать при Всесоюзном институте минерального сырья специальный сектор, на который возлагалось обобщение материалов по поискам, разведке и изучению радиоактивного минерального сырья, научно-методическое руководство этими работами и детальное минералогическое и технологическое изучение руд урана и других радиоактивных элементов. Для реализации этого задания ГКО в августе 1943 г. в ВИМСе был создан специальный сектор № 6 (начальник Д.И. Щербаков, с 1944 г. — М.Н. Альтгаузен). Тогда же при ВИМСе создается постоянно действующее консультативное бюро по вопросам сырьевой базы урана, в которое входят, в частности, академики В.И. Вернадский и С.С. Смирнов. С фронта были отозваны ведущие специалисты: В.Г. Мелков, А.И. Тугаринов, А.И. Сушков, Н.И. Мусиченко — более 20 человек. Аппаратурно-методическую часть программы поручили Ленинградскому Институту разведочной геофизики (ВИРГу). Задачи сектора № 6 не ограничивались научными разработками. При секторе впервые были созданы производственные геологоразведочные экспедиции, работавшие на уран. Поиски урана в середине 1940-х годов начинались практически с чистого листа [3].

8 апреля 1944 г. вышло Постановление ГКО, обязывающее все геологические организации приступить к поискам радиоактивных руд. К зиме 1944 г. стало ясно, что положение с ураном просто катастрофическое. Л.П. Берия, ознакомившись с ходом работ по «Атомному проекту», быстро понял, что все усилия по созданию нового оружия окажутся напрасными, если не будет создана надежная сырьевая база. 13 октября 1945 г. СНК СССР принимает Постановление «О концентрации и специализации поисково-разведочных работ на радиоактивное сырье». Этим Постановлением в составе тогдашнего Госкомитета по геологии было создано Первое Главное геологоразведочное управление (Первый Главк), призванное решить проблему обеспечения сырьем зарождающуюся атомную промышленность.

Перед геологами встал вопрос — как искать урановые руды — хотя было известно, что можно использовать все три типа излучения — α , β и γ . Первым был реализован *гамма-метод*. Гамма-радиометры были изготовлены для пешеходных работ, автомобильного и самолетного вариантов. Наибольшую результативность дали авиационные исследования, с помощью которых до конца 1950-х годов были опосредованно практически все перспективные территории Советского Союза. Но гамма-лучи полностью экранируются уже первыми полуметрами перекрывающих отложений. Параллельно с гамма-съемкой стали использовать *эманационный (радо-*

новый) метод. Наиболее эффективный вариант эманационной съемки был разработан в лаборатории масс-спектрометрических исследований ВИМСа Николаем Ильичом Мусиченко. У радона, при его сравнительно быстром распаде (период полураспада около трех суток), глубина трассирования рудных тел оценивалась чуть более трех десятков метров. Самым глубинным считался *гелиевый метод*, т.к. α -частица и есть ядро атома гелия, которая после захвата двух электронов превращается в нейтральный газ, обладающий весьма высокой проникаемостью.

Известный геолог Владимир Климентьевич Котульский, находившийся в заключении в Норильске, направил в 1943 г. в Правительство докладную записку с предложением использовать в качестве индикатора урановых руд именно продукт α -распада — гелий. Она была рассмотрена в Радиовом институте. Комиссия с участием проф. Владимира Ильича Баранова, организовавшего еще в 1943 г. во Всесоюзном институте минерального сырья радиометрическую лабораторию, и специалистов ВНИИ разведочной геофизики (проф. Александр Гаврилович Граммаков и др.), проанализировала единственную, казавшуюся тогда приемлемой, диффузионную модель миграции гелия от локального радиоактивного источника с количеством урана ~ 1000 т и глубиной залегания ~ 100 м.

Самостоятельная проблема применения гелия как индикатора при решении различных прикладных геологических задач начала развиваться в 1930-х годах. Основоположником этого направления был В.Г. Хлопин, создавший методику количественных исследований газов, в частности гелия, в минералах и породах.

Поручение Правительства на разработку гелиевого метода поиска урановых руд было дано Ленинградскому Радиовому институту и Всесоюзному институту разведочной геофизики (ВИРГу), где одновременно начала действовать группа теоретических обоснований (профессор Александр Гаврилович Граммаков) и полевых исследований (Вера Сергеевна Глебовская, Эмилия Сергеевна Матвеева и др.).

Вскоре, однако, в обоих направлениях возникли большие трудности. Во-первых, теоретические расчеты показывали незначительную добавку «рудного» гелия к предполагаемому его глубинному диффузион-



Александр Гаврилович Граммаков



Вера Сергеевна Глебовская



Эмилия Сергеевна Матвеева

ному потоку. Во-вторых, в связи с трудностями высокоточного анализа инертного гелия В.С. Глебовской долго не удавалось обнаружить аномальных значений гелия в реальных полевых условиях. Хотя, начиная с 1947 г., на протяжении восьми лет, первоначально на карельских урановых проявлениях, а затем на вновь открываемых гамма-съемкой урановорудных объектах, было отобрано и проанализировано несколько сотен проб [14].

Исследователи не обратили внимания на мнение Марии Скловской-Кюри, которая еще в начале XX в. весьма скептически оценивала применимость гелиевой съемки для поисков радиоактивных руд из-за наличия глубинных источников гелия, намного более продуктивных, чем залежи радиоактивных руд в приповерхностной зоне.

Сразу после окончания Великой Отечественной войны по программе Радиевого института Эрик Карлович Герлинг попытался вновь оценить глубинное «гелиевое дыхание Земли» на куполе Мельниковского газового месторождения (1945–1947). Пробы газа отбирались из-под металлических колпаков и из герметизированных шпуров. Анализ гелия производился используемым с начала века «остаточным» химическим объемным методом, обладающим недостаточной для этих целей точностью. Используемый для анализа благородных газов прибор системы А.Г. Хлопина — Э.К. Герлинга не показал значимого результата [13].

Вклад ВИМСа в изучение гелия

В 1924 г. Вера Ильинична Глебова — доктор естественных наук, организатор научных исследований и промышленных разработок (радий, гелий, редкие металлы и др.) вносит в Научно-технический отдел ВСНХ предложение создать при Институте прикладной минералогии (ныне ВИМС) отдел редких элементов. Директор института Н.М. Федоровский, который с огромным интересом относился к начинаниям В.И. Глебовой, энергично поддержал это предложение и просил ее возглавить новое для института направление. В.И. Глебова усиленно занималась созданием Отдела, организацией при нем лаборатории. Большинство исследований проводилось впервые в отечественной науке. Было решено использовать опыт и результаты исследований Бюро редких элементов [8].

При организации и развитии научно-исследовательских работ в Институте прикладной минералогии сформировался творческий коллектив ученых и специалистов. Институт стал одним из инициаторов созыва в апреле 1925 г. Первого Всесоюзного совещания по редким элементам, давшего новый импульс развитию научно-исследовательских работ в области редких элементов в нашей стране.

В резолюции совещания по докладам А.Н. Бойко и А.И. Лукашука в рубрике «Гелий» отмечалось, что развитие добычи гелия чрезвычайно важно для СССР, и желательно, помимо основных работ по изучению и использованию газовых скоплений, широко исследовать содержания гелия в горных породах и минералах в

качестве одного из подходов к изучению его источников. А.Е. Ферсман, председательствовавший на Совещании, высказал убеждение, что проблема гелия, реально поставленная за границей, будет также реально поставлена и в нашей стране. 2 мая 1925 г. В.И. Глебова провела расширенное заседание Гелиевой комиссии с докладом Научно-технического совета о первых результатах советских ученых по редким газам, на котором присутствовали многие участники Первого Всесоюзного совещания по редким элементам и представители научно-технической общественности. Было принято решение открыть новые гелиевые лаборатории, в частности, в Москве при Институте прикладной минералогии, и оснастить их приборами Лукашука–Хлопина [10].

Институт прикладной минералогии стал одним из первых, где создавалось производство редких элементов и закладывались основы их применения в промышленности.

В связи с началом «Атомного проекта» и, исходя из опыта работ ВИМСа с середины 1920-х годов по изучению радиоактивных элементов и гелия, как возможного их поискового признака, специалисты института вновь привлекаются к работам в этом направлении.

С 1954 г. в ВИМСе начались исследования возможности гелиометрического метода при поисках урана. Научной основой метода послужили представления о возможной концентрации радиогенного гелия в пределах и вокруг урановых месторождений. С целью активизации работ была подключена лаборатория изотопных методов анализа ВИМСа, руководимая Николаем Ильичом Мусиченко [3].

Перед исполнителями встала проблема полевого анализа проб, т.к. их приходилось транспортировать за тысячи километров в единственную аналитическую лабораторию Института вакуумной техники им. С.А. Векшинского (Москва). Разрыв между отбором и анализом составлял месяцы. В 1956 г. Н.И. Мусиченко модернизировал узкополостный масс-спектрометр гелиевый — течеискатель конструкции «ПТИ-6», приспособив его к условиям полевых лабораторий на урановых месторождениях в Северном Казахстане. Производительность исследований при этом резко увеличилась — в 1955–1957 гг. объемы опробования достигли тысяч единиц. Однако, как и в исполнении ВИРСа, ни одного достоверного аномального сигнала получить не удалось. Стало ясно, что это важное решение, без выполнения других необходимых условий корректного ведения эксперимента, вновь окончилось серией неудач. В этой связи научным советом Министерства Среднего машиностроения было при-



**Николай Ильич
Мусиченко**



**Игорь Николаевич
Яницкий**

дефекты отбора проб и контроля герметичности пробоотборников. На этом основании с большим трудом удалось убедить членов Ученого Совета выпустить отряд ВИМСа на полевые работы «в последний раз». Результаты превзошли все ожидания. Через месяц работ по новой схеме опробования в шахте и на поверхности уранового месторождения Маныбай (Сев. Казахстан) удалось выявить устойчивые гелиевые аномалии, превышавшие расчетные значения в десятки и сотни тысяч раз. Без ответа оставался вопрос — откуда на этих объектах так много гелия, потоки которого на порядки превышают всю продукцию α -распада в залежах урана [14]?

В последующие пять лет исследования ВИМСа (Еремеев Александр Николаевич и др.) и ВИРГа (Тэфеев Георгий Павлович и др.) были выполнены на сотнях радиоактивных и фоновых по радиоактивности месторождений, рудопроявлений, выходах подземных вод в родниках, колодцах, изливающихся скважинах. Распределение гелия оказалось крайне неравномерным, но на рудных месторождениях обычно наиболее высоким. В результате была показана закономерная связь аномалий гелия с глубинными долгоживущими разломами унаследованных форм развития и косвенная связь с находящимися в тех же разломах эндогенными рудами.

Таким образом, идея поисков месторождений радиоактивных руд, газа и нефти по максимумам гелиевых аномалий оказалась малоперспективной, что объясняется принципиально иными законами распределения концентраций гелия в верхней литосфере, чем представлялось ранее.

Внедрение в практику работ площадной гелиевой съемки

После долгих попыток поисков урана по гелиевым аномалиям по настоянию руководителя отдела геофизических поисков А.Н. Еремеева с 1963 г. исследования ВИМСа сосредоточились на региональной гелиевой съемке, оказавшейся одним из наиболее эффективных способов структурного геологического картирования с составлением карт от 1:2 500 000 до 1:50 000 масштабов. До 1967 г. решались методические вопросы — способы отбора проб, их анализа, построения карт.

В 1967–1969 гг. основной объем водногелиевой съемки выполнялся на территории Северного Казах-

стана, Тургайского прогиба и Урала. Интерпретация проводилась путем сопоставления схем распределения гелия с различными геологическими и геофизическими картами.

В начале 1958 г. в лабораторию изотопных методов исследований ВИМСа был переведен Игорь Николаевич Яницкий, только что получивший диплом горного инженера-геолога, ранее имевший технологическую практику в авиации, когда работал на летно-испытательной станции КБ Яковлева. Он предположил, что причина неудач —

станана, Тургайского прогиба и Урала. Интерпретация проводилась путем сопоставления схем распределения гелия с различными геологическими и геофизическими картами.

На базе многолетних фундаментальных исследований удалось доказать, что основной поток гелия с фазой-носителем (вода с растворенными в ней газами и минеральными солями) идет по современным активным разломам. В итоге диффузионная модель миграции гелия была заменена фильтрационной. Было установлено, что повышенные концентрации гелия характерны для глубинных разломов, причем максимумы концентраций наблюдаются в местах их пересечений. Подтверждением установленной закономерной связи служило соответствие зон повышенных концентраций гелия максимумам горизонтальных градиентов поля силы тяжести. Гелий стал универсальным индикатором глубинных активных разломов [3, 14].

В итоге группа научных сотрудников ВИМСа, куда вошли доктор геолого-минералогических наук Александр Николаевич Еремеев, кандидат геолого-минералогических наук Валерий Николаевич Башорин и научные сотрудники Юрий Георгиевич Осипов, Дмитрий Михайлович Щербаков, Игорь Николаевич Яницкий, а также кандидат геолого-минералогических наук Николай Ильич Мусиченко, совместно с ленинградскими учеными — докторами геолого-минералогических наук Георгием Павловичем Тафиевым, Верой Прокофьевной Якуцени, профессором Александром Гавриловичем Граммаковым, кандидатом геолого-минералогических наук Эмилией Сергеевной Матвеевой и старшим научным сотрудником Верой Сергеевной Глебовской — открыли закономерную зависимость между глубинными разломами земной коры и повышенными (аномальными) концентрациями в них гелия.

Открытие зарегистрировано под № 68 с приоритетом от 30 декабря 1968 г. Формула открытия такова: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность, заключающаяся в том, что распределение аномальных (повышенных) концентраций свободного подвижного гелия зависит от глубинных, в том числе рудоносных, разломов земной коры» [6].



**Александр Николаевич
Еремеев**



**Георгий Павлович
Тэфеев**



**Валерий Николаевич
Башорин**



**Анатолий Петрович
Пронин**

Однако после регистрации открытия понимание особенностей гелия, как индикатора процессов на Земле складывалось не просто. Режимные наблюдения за динамикой восходящих потоков по активным разломам только начинались. Позже исследования проводились во многих районах Советского Союза. Они выполнялись с целью структурно-геологического картирования, а также косвенного прогноза эндогенного оруденения. Число организаций-исполнителей гелиевой съемки значительно расширилось.

В 1970–1972 гг. была установлена высокая информативность гелия для изучения миграции вод в гидросфере, что привлекло новую группу участников работ — гидрогеологов. Выполненные работы позволили приступить к обобщению материалов и составлению карт для различных районов. К этому времени специалистами НИИ вакуумной техники им. С.А. Векшинского Минэлектронпрома (Л.Е. Левина, В.В. Пименов) был разработан наиболее удобный для исследований магниторазрядный анализатор гелия. С помощью этой серийно выпускавшейся аппаратуры к 1975 г. на территории Советского Союза, главным образом в его Европейской части, были исследованы миллионы проб, позволившие составить макет карты проницаемости земной коры масштаба 1:2 500 000. Наиболее значимый вклад в изучение гелиевой проблемы, особенно в области гелиевой съемки территории СССР на этом этапе, внесли сотрудники ВИМСа Валерий Николаевич Башорин и Анатолий Петрович Пронин [11].

Пульсирующий режим и другие детали флюидо-массопотока начали регистрироваться только после 1976 года, когда гелиевая лаборатория ВИМСа была включена в программу поиска предвестников землетрясений и их прогноза. Стационарные исследования по выбранным с помощью гелиевой съемки наиболее информативным точкам выполнялись в 1977–1991 гг. с применением высокоточных систем термостатирования автоматической регистрации сигналов.

На опорном полигоне Чашма Пойен в Таджикистане данные гелиеметрии сопоставлялись с результатами лазерной деформометрии, геофизических методов и глобальной сейсмичности. По использованному комплексу и точности измерений эти ис-

следования до сих пор являются уникальными. Они были прекращены, как и на других полигонах, размещенных от Молдавии, Крыма и Кавказа до о. Сахалин с 1991 г. [14].

Основные направления современного использования гелия

В настоящее время гелиометрический метод используется при геологическом картировании, прогнозе месторождений эндогенных руд и подземных вод, контроле условий эксплуатации и состояния полигонов захоронения отходов, подземных газохранилищ, обосновании выбора площадок для строительства плотин, АЭС.

Так, например, проблема размещения атомных электростанций на Русской платформе первоначально решалась в полной уверенности, что ни одного активного разлома здесь нет и быть не может. В ходе пуско-наладочных работ на Калининской, Ровенской и других АЭС начались сверхнормативные деформации, заставившие усомниться в таких представлениях. В результате гелиевыми исследованиями (картирование) на Русской платформе были установлены многочисленные тектонически ослабленные зоны.

Гелиеносность недр может быть использована и для исследования глубинного строения Земли. Гелий может стать важным дополнительным средством при изучении сейсмичности — подверженности различных территорий землетрясениям [2, 14].

Сегодня гелий широко используется в различных областях науки и техники: магнитно-резонансная томография, поддержание давления и продувки, включая ракетносители, сварка, обнаружения утечек, атмосферный контроль, в том числе дайвинг, полупроводники, оптические волокна, хроматография, метеозонды и многое другое.

В последние годы определенное внимание уделяется He^3 , который востребован как коммерческий продукт для детекторов нейтронов в системах безопасности, в медицине, науке и технике. Планы развития термоядерной энергетики связывают с использованием его как термоядерного топлива. Природная изотопная распространенность He^3 в атмосфере Земли составляет около 0,000137 %. В настоящее время он не добывается из природных источников (на Земле доступны его незначительные количества, очень трудные для добычи), а является сопутствующим продуктом при производстве трития. К потенциальным источникам He^3 относятся: продукт распада трития в тяжеловодных реакторах, получение его на ускорителях, выделение из природного газа, а к перспективным — некоторые литийсодержащие минералы и лунный реголит. Ряд стран (США, КНР) готовятся к добыче He^3 на Луне в ближайшем десятилетии.

Заключение

В октябре 2020 г. исполняется 95 лет с начала изучения гелия в ВИМСе. На первом этапе исследования проводились с целью выяснения особенностей поисков гелийсодержащих газов и возможностей про-

мышленного извлечения гелия. Это было обусловлено возрастающими потребностями бурно развивающегося дирижаблестроения. Развитие работ по гелию, достигшее в 1933–1935 гг. своего максимума, постепенно сократилось. Спад продолжался до середины 1940-х годов, пока не определились новые, стратегически важные сферы его потребления.

С 1940 г. один за другим стартуют зарубежные атомные проекты. Минерально-сырьевая база урана в СССР практически отсутствовала. В СССР было известно только пять небольших месторождений в Ферганской долине: их запасы на начало 1944 г. составляли всего 200 т. Практическим шагом в решении проблемы отечественной сырьевой базы урана стало распоряжение ГКО о создании в ВИМСе в августе 1943 г. специального сектора № 6. Его первым научным руководителем был назначен Д.И. Щербаков, заведующим — М.Н. Альтгаузен. На сектор возложили обобщение материалов по поискам, разведке и изучению радиоактивного минерального сырья, а также научно-методическое руководство этими работами, детальное минералогическое и технологическое изучение урановых руд и других радиоактивных минералов [1].

Поручение Правительства о разработке гелиевого метода поиска урановых руд было дано Ленинградскому Радиовому институту и Всесоюзному институту разведочной геофизики (ВИРГу). С 1954 г. в ВИМСе начались исследования возможностей гелиометрического метода при поисках урана. Научной основой метода послужили представления о концентрации радиогенного гелия в пределах и вокруг урановых месторождений. Для активизации работ была подключена лаборатория изотопных методов анализа ВИМСа, руководимая Мусиченко Н.И [3].

Исследования ВИМСа и ВИРГа, проводимые на протяжении десяти лет с отбором и анализом сотен радиоактивных и фоновых проб, показали, что есть закономерная связь аномалий гелия с глубинными долгоживущими разломами и косвенная связь с находящимися в тех же разломах эндогенными рудами. Стало ясно — идея поисков месторождений радиоактивных руд по максимумам гелиевых аномалий оказалась малоперспективной.

В то же время последующие работы ВИМСа блестяще подтвердили представления В.И. Вернадского о «гелиевом дыхании Земли». Организованные под руководством А.Н. Еремеева работы по площадной гелиевой съемке с составлением карт приповерхностного поля гелия масштабов от 1:2 500 000 до 1:50 000 четко отразили блоковую структуру кристаллического фундамента платформ. Была выявлена приуроченность гелиевых аномалий к зонам повышенной проницаемости земной коры, к линеаментам и другим раз-

рывным структурам, которые нередко контролируют распределение эндогенных месторождений полезных ископаемых. На основе этих исследований был предложен способ оценки тектонической стабильности тех или иных участков литосферы, что чрезвычайно важно учитывать при выборе площадок для строительства плотин гидростанций, предприятий атомной энергетики и т.д. [2, 11, 14].

Полученные результаты изучения гелиеносности были признаны научным открытием с формулировкой: «Экспериментально установлена неизвестная ранее закономерность, заключающаяся в том, что распределение аномальных (повышенных) концентраций свободного подвижного гелия зависит от глубинных, в том числе рудоносных, разломов земной коры» [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бастриков, Ю.Л.* Путь к отечественному урану (к истории геологоразведочных работ на уран) / Ю.Л. Бастриков, И.Г. Печенкин // АНРИ. — 2016. — № 2 (85). — С. 65–71.
2. *Бороздич, Э.В.* Газовое дыхание Земли / Э.В. Бороздич, А.Н. Еремеев, И.Н. Яницкий // Природа. — 1983. — № 2. — С. 18–23.
3. *ВИМС — LXXV* / Гл. ред. А.Н. Еремеев. — М.: Недра, 1993. — 334 с.
4. *Глебова, В.И.* История организации работ и деятельности Гелиевого комитета / В.И. Глебова. — Л.: Госхимтехиздат, 1933. — 15 с.
5. *Евдошенко, Ю.В.* Очаги ранней российской газификации: Мельничково / Ю.В. Евдошенко // Газ России. — 2012. — № 2. — С. 98–102.
6. *Еремеев, А.Н.* Открытия в СССР, 1968–1969 / А.Н. Еремеев, В.Н. Башорин, И.Н. Яницкий. — М.: ЦНИИПИ, 1970. — С. 14–15.
7. *Иевлев, А.А.* Ухтинская экспедиция ОГПУ: старт промышленного освоения недр Печорского края / А.А. Иевлев // Арктика и Север. — 2014. — № 16. — С. 91–115.
8. *Ламан, Н.К.* Вера Ильинична Глебова: Выдающийся организатор советской науки и промышленности / Н.К. Ламан. — М.: Наука, 1987. — 92 с.
9. *Матвейчук, А.А.* Истоки газовой отрасли России. 1811–1945 гг.: Исторические очерки / А.А. Матвейчук, Ю.В. Евдошенко. — М.: Издательская группа «Граница», 2011. — 400 с.
10. *Первое Всесоюзное совещание по редким элементам в Москве с 27-го по 30-е апреля 1925 года.* — Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1925. — 39 с.
11. *Поле гелия Европейской части СССР (пояснительная записка к карте приповерхностного поля гелия масштаба 1:2 500 000)* / Под ред. А.Н. Еремеева. — М.: ВИМС, 1992. — 62 с.
12. *Финкельштейн, Д.Н.* Инертные газы. Изд. 2-е. / Д.Н. Финкельштейн. — М.: Наука, 1979. — 200 с.
13. *Якуцени, В.П.* Геология гелия / В.П. Якуцени. — Л.: Недра, 1968. — 232 с.
14. *Яницкий И.Н.* Гелиевая съемка / И.Н. Яницкий. — М.: Недра, 1979. — 96 с.
15. *Discovery of Helium in Natural Gas at the University of Kansas. National Historic Chemical Landmark. Dedicated April 15, 2000, at The University of Kansas in Lawrence, Kansas.* 8 p.
16. *Rogers, Gaillard Sherburne.* Helium-bearing natural gas. Washington, Govt. print. off., 1921. 113 p.

© Печенкин И.Г., 2020

Печенкин Игорь Гертрудович // pechenkin@vims-geo.ru