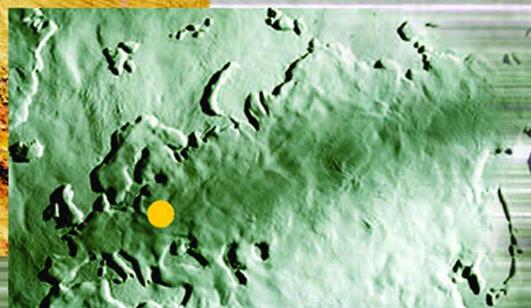




А. В. Матвеев, В. Е. Бордон

ГЕОХИМИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ

Si
Mg
K Al
Mn Ca
Fe



УДК 551.79:550.4(476)

Матвеев, А. В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 191 с. – ISBN 978-985-08-1542-2.

В монографии на основании выполненной типизации территории региона по особенностям разреза четвертичных отложений охарактеризовано площадное распределение основных породообразующих и микроэлементов, приведены кларки этих элементов, выявлены ведущие геохимические ассоциации. Рассмотрены вопросы постседиментационных изменений состава покровных отложений в зонах разрывных нарушений и под влиянием техногенных процессов. Выделены поисково-геохимические и эколого-геохимические аномалии, обосновано районирование территории по степени эколого-геохимического риска.

Книга рассчитана на широкий круг геологов, специалистов в области наук о Земле, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов геологического и географического профилей.

Табл. 54. Ил. 63. Библиогр.: 148 назв.

Р е ц е н з е н т ы :

доктор геолого-минералогических наук, доцент М. А. Богдасаров

доктор геолого-минералогических наук М. П. Оношко

ISBN 978-985-08-1542-2

© Матвеев А. В., Бордон В. Е., 2013
© Оформление. РУП «Издательский
дом «Беларуская навука», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Четвертичные отложения на территории Беларуси имеют повсеместное распространение, сплошным чехлом покрывая образования более древних геологических систем. Они являются субстратом, на которых сформировались почвы и ландшафты нашего региона, служат основанием инженерных сооружений, вмещают различные полезные ископаемые. Именно поэтому четвертичная толща на протяжении более столетия привлекает пристальное внимание ученых. Благодаря трудам Ф. Ю. Величкевича, Л. Н. Вознячука, Г. И. Горещкого, Б. Н. Гурского, Я. К. Еловичевой, А. М. Жирмунского, А. К. Карабанова, Э. А. Левкова, К. И. Лукашева, Н. А. Махнач, Г. Ф. Мирчинка, А. Б. Миссуны, Т. Б. Рыловой, А. Ф. Санько, П. А. Тутковского, Г. К. Хурсевич, М. М. Цапенко, О. Ф. Якушко и многих других, а также работе большого коллектива геологов, занимавшихся проведением геологических съемок, к настоящему времени выяснены многие вопросы генезиса и стратиграфии четвертичных отложений, состава основных генетических типов, строения и формирования рельефа, развития растительности и фауны, изменения палеогеографических обстановок в четвертичном периоде.

Значительно позднее начались исследования геохимических особенностей четвертичной толщи. Работы в этом направлении относительно широко развернулись только со второй половины XX столетия. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что уровни накопления и рассеяния элементов, распределение их концентраций по площади и в разрезе играют важную роль в современных поисковых технологиях при геологоразведочных работах, так как позволяют обосновывать минерагеническую специализацию как самих четвертичных отложений, так и более глубоко залегающих пород.

Кроме того, геохимические особенности покровных отложений в значительной степени влияют на экологическую обстановку в регионе. Все это в конечном итоге и определило развитие геохимии четвертичных отложений в Беларуси, основоположником которой стал академик Константин Игнатъевич Лукашев. Однако до сих пор в этом научном направлении существуют нерешенные проблемы, которые послужили поводом для постановки специальных исследований, поддержанных Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований. Благодаря этой поддержке были реализованы следующие проекты:

– Эколого-геохимическая оценка ландшафтов Полесья Украины и Беларуси с целью охраны здоровья (X05К–032);

– Разработать геохимические критерии влияния зон тектонических нарушений на экологическую обстановку в Беларуси и Украине (X07K–044);

– Выявить и проанализировать геохимические особенности четвертичных отложений Беларуси, влияющие на геоэкологическую обстановку (X10–022).

Итоги этих научных разработок явились основой данной монографии.

Естественно, рассмотреть все нерешенные проблемы геохимии четвертичных отложений в одной книге невозможно, поэтому авторы уделили основное внимание составлению своеобразного атласа геохимических карт, характеризующего распределение в четвертичной толще отдельных элементов, их ассоциаций и породообразующих оксидов. Были рассчитаны также кларки элементов, рассмотрены вопросы влияния зон разломов и техногенных процессов на преобразование состава покровных отложений, выделены геохимические аномалии и оценена степень эколого-геохимической безопасности территории.

Авторы выражают глубокую благодарность своим белорусским коллегам Я. И. Аношко, В. Н. Астапенко, С. Д. Астаповой, С. В. Бордону, Н. Н. Петуховой, Л. А. Нечипоренко, Е. Т. Ольховик, С. Ф. Савчику за оказанную помощь в сборе и обработке многочисленного фактического материала, а также украинским ученым Л. С. Галецкому, Э. Я. Жовинскому, Т. М. Егоровой, в творческой дискуссии с которыми решались многие методические вопросы и уточнялись содержащиеся в книге выводы. Мы также весьма признательны С. В. Ракеть, которая выполнила основную оформительскую работу, в том числе построила компьютерные варианты всех геохимических карт.

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

На территории Беларуси геохимические методы при изучении четвертичных отложений относительно широко стали применяться начиная с 50-х годов XX столетия. Уже в первые послевоенные годы Г. И. Бушинский (1946) изучал условия накопления сидеритов, вивианитов и бурых железняков в болотах нашего региона, Г. И. Теодорович (1947) выделил и описал некоторые геохимические фации покровных отложений. И. С. Лупинович и Т. Ф. Голуб опубликовали монографию, в которой рассматривается генезис заболоченных и торфяно-болотных почв и приводится их разносторонняя характеристика, в том числе и по химическим показателям (Лупинович, Голуб, 1952). В 1955–1959 гг. специалистами Института геохимии и аналитической химии АН СССР и Белорусского института мелиорации решались методические вопросы изучения поведения микроэлементов в торфах и почвах. Ими также установлено, что распределение меди в торфяном массиве зависит от близости подстилающих пород, обогащенных этим элементом, и от дополнительного привноса этого элемента грунтовыми водами (Никонов, 1955; Пидопличко, 1961).

Однако, основные достижения в геохимических исследованиях четвертичных отложений с конца 50-х и в 60-х годах прошлого столетия связаны с Лабораторией геохимических проблем (позднее Институт геохимии и геофизики) АН БССР. Подлинными родоначальниками геохимического направления в стране следует считать К. И. Лукашева и работавших под его руководством С. Д. Дромашко, В. А. Ковалева, В. А. Кузнецова, В. К. Лукашева, Н. Н. Петухову, А. А. Хомича и др. Ими получен и обобщен ценный материал о миграции, статистических показателях распределения основных химических элементов (меди, никеля, кобальта, железа, марганца, титана) и аккумуляции их в различных генетических типах четвертичных образований, в почвах и растениях, выделены и изучены биогеохимические и гидрохимические провинции, генетические типы современных кор выветривания на территории Белорусского Полесья, химический состав лессовидных отложений, геохимические ландшафты и фации Беларуси, вопросы корреляции покровных отложений и т. д.

Важное значение для развития геохимических исследований имело состоявшееся в 1960 г. в г. Минске Совещание по изучению геохимических и биогеохимических провинций территории Белорусской ССР. На этом научном форуме отмечен ряд недостатков в проводимых в стране работах и рекомендовано выполнение работ по обоснованию местных кларков элементов в различ-

ных генетических типах четвертичных пород и более древних стратиграфических горизонтах, а также обращено внимание на исследования гидрохимических типов поверхностных и подземных вод.

Естественно, что после этого совещания усилилось разностороннее изучение четвертичной толщи. Из выполненных в то время работ особенно большой научный и практический интерес представляет монография «Геохимические поиски элементов в зоне гипергенеза» (Лукашев, Лукашев, 1967), в которой авторы характеризуют поведение и ассоциации химических элементов в зоне гипергенеза, геохимические провинции, ореолы рассеяния (первичные и вторичные), излагают теоретические основы применения различных методов геохимических поисков элементов и практические достижения в этой области. В книге дана детальная характеристика отдельных элементов, рассмотрены особенности их гипергенной миграции и концентрации в ходе литогенеза.

Следует подчеркнуть, что помимо научных сотрудников, уже в первые послевоенные десятилетия участие в изучении геохимии четвертичных отложений принимали геологи-производственники. Правда, до 1960 г. в процессе геологосъемочных и поисковых работ осуществлялась только регистрация на локальных участках тех или иных содержаний элементов в породах и воде. Выводы, основанные на обобщении и систематизации материала, как правило, не делались.

В 1962–1964 гг. сотрудниками Южно-Белорусской экспедиции Управления геологии при СМ БССР Г. Ф. Заржицким и Г. И. Соловьевым велись опытные работы по выяснению возможностей применения литогеохимических, гидрогеохимических, биогеохимических методов поисков полезных ископаемых в условиях Беларуси. В результате этих работ было выделено несколько перспективных участков в районе Житковичей и Глушковичей, рекомендовано применение в дальнейшем комплекса биогеохимических и гидрогеохимических методов, а на выявленных перспективных участках – глубинных литогеохимических поисков.

Начиная с 1963 г. геохимические методы стали более широко применяться в геологосъемочных партиях Управления геологии при СМ БССР, но в основном для решения ряда геологических проблем. Аномальные содержания отдельных элементов определялись по сравнению с кларками земной коры, не давалась общая геохимическая характеристика отложений. Из работ производственных организаций особо следует отметить геохимические исследования Комплексной тематической экспедиции Управления геологии при СМ БССР. Сотрудниками этой экспедиции В. Е. Бордоном, Е. И. Богдановой, Е. Т. Ольховик, Н. Н. Смирновой и др. охарактеризованы геохимические особенности отдельных стратиграфических подразделений осадочного чехла.

Одновременно с накоплением геохимических данных начались работы по геохимическому картированию территории Беларуси. Цели таких работ были самые различные – от прогноза полезных ископаемых и их поиска до решения

целой серии других геологических задач (расчленение разрезов и их корреляция, выявление условий осадконакопления и т. д.).

В 60-х годах под руководством К. И. Лукашева составлены первые мелко-масштабные геохимические карты покровных отложений, где выделены специализированные провинции, построены почвенно-геохимические и гидрогеохимические карты, первая схема естественной радиоактивности почв (Геохимические провинции ..., 1969; Лукашев, Лукашев, 1972). В 1970–1975 гг. составлена карта масштаба 1:2 500 000 геохимического районирования ложа четвертичных отложений, на которой впервые показаны геохимические ассоциации и уровни накопления микроэлементов в осадочных формациях, подстилающих покровные отложения. В 1980 г. составлена мелкомасштабная «Геохимическая карта антропогенных отложений Белоруссии» на основе ландшафтного районирования и выделения ведущих геохимических ассоциаций элементов и их уровней накопления в типах ландшафтов (Бордон, 1977; Бордон, Ольховик, 1974).

С конца 60-х годов прошлого столетия успешно изучались геохимические особенности отдельных генетических типов четвертичных отложений, поведение тех или иных элементов в четвертичной толще (Я. И. Аношко, С. Д. Астапова, Н. Н. Бамбалов, С. В. Бордон, Б. Н. Гурский, Г. В. Гурский, С. Г. Дромашко, А. Л. Жуховицкая, Н. В. Зайцева, В. Б. Кадацкий, В. А. Ковалев, В. А. Кузнецов, А. В. Матвеев, Л. И. Матрунчик, М. П. Оношко, Н. Н. Петухова, Н. Н. Чертко, С. Л. Шиманович, Е. С. Шляппо, В. И. Ярцев и др.). Результаты этих работ в той или иной степени учтены при составлении геохимических карт в представляемой монографии.

В последней четверти XX века резко возрос интерес общественности к экологическому состоянию окружающей среды. Опасения в связи с накоплением в биосфере ряда вредных веществ (отходов промышленных производств, интенсивно развивающегося сельского хозяйства, разработок полезных ископаемых и т. д.) с каждым годом становились все интенсивнее и все больше вызывали тревогу у населения за свое здоровье, за относительную комфортность жизни, за безопасность наших рек, озер, лугов, лесов, почв и произрастающих на них растений. Эту озабоченность и тревогу не могли не почувствовать геологи и геохимики и, конечно, сразу включили в планы своих поисковых и исследовательских работ решение насущных экологических проблем. Теоретическую основу эколого-геохимических исследований заложили академик К. И. Лукашев и его ученики и последователи (Лукашев, Лукашев, 1980; Вадковская, Лукашев, 1977). Возглавила геоэкологические работы на территории Беларуси Национальная академия наук – Институт геохимии и геофизики, позднее Институт природопользования, Центр геофизического мониторинга и др. Практически одновременно с академическими учреждениями геоэкологическими исследованиями стали заниматься многие производственные организации, отраслевые институты, университеты (экспедиции РУП «Белгеоло-

гия», РУП «БелНИГРИ», Институт почвоведения и агрохимии, Белорусский, Брестский и Гомельский государственные университеты и др.). Все эколого-геохимические исследования велись по четырем основным направлениям: геохимия почв и покровных отложений; геохимия территорий городов и отдельных поселений; геохимия заповедных зон; геохимия ландшафтов.

Общую геохимическую характеристику почв дали еще в конце 60-х годов прошлого века К. И. Лукашев с соратниками (Лукашев, Лукашев, 1967; Геохимические провинции ..., 1969) в рамках исследования покровных отложений. Впоследствии Н. Н. Петухова обобщила накопленный материал (1987) и совместно с В. А. Кузнецовым рассчитали кларки микроэлементов в почвенном покрове Беларуси (Петухова, Кузнецов, 1992).

Важную роль в развитии геохимии почв и почвенно-экологических исследований сыграли И. М. Богдель, Н. Ф. Гаркуша, Т. Н. Кулаковская, И. Г. Лупинович, А. Г. Медведев, А. С. Мееровский, П. Г. Роговой, Т. А. Романова, Н. И. Смян и их ученики и коллеги.

Ими составлена серия мелкомасштабных почвенно-геохимических карт территории Беларуси экологического направления, отражающих последствия аварии в районе Чернобыльской АЭС. Связанное с этой аварией загрязнение покровных отложений радионуклидами изучается во многих учреждениях и ведомствах страны (В. Ю. Агеец, М. Р. Герменчук, О. М. Жукова, Е. Ф. Конопля, А. В. Кудельский, И. И. Матвеев, С. В. Овсянникова, М. А. Подгайна, Ю. М. Покумейко, С. К. Фирсакова, Э. Д. Шагалова).

Одновременно с геохимическим исследованием современных почв Л. Н. Рябова под руководством В. А. Кузнецова проводила работы по изучению погребенных голоценовых почвенных горизонтов (Рябова, 1997). Эти работы имеют немаловажное прикладное значение для поисковой и экологической геохимии. В целом можно отметить, что геохимические исследования постепенно приобретают все больше выраженный экологический уклон. Это видно из анализа ряда статей, опубликованных в последнее время (Региональные проблемы экологии ..., 2007; Геохимия четвертичных отложений Беларуси, 2011; Актуальные проблемы современной геологии ..., 2011 и др.).

Своеобразным направлением в геохимии покровных отложений и почв стали исследования трансформации их состава на территории крупных населенных пунктов.

В. К. Лукашевым, Я. И. Аношко, С. В. Бордоном и другими исследователями построены моно- и полиэлементные карты территорий городов Бобруйска, Мозыря, Волковыска, Витебска, Полоцка, Минска. Некоторые из созданных карт показывают связь накопления радиоактивных элементов с формами рельефа. В 1991–1998 гг. С. В. Бордоном с коллегами составлена серия геохимических карт снежного покрова, синтетические эколого-геохимические карты г. п. Красносельский, городов Витебска, Полоцка и др. (Бордон, 1998).

Исследования в этой области расширялись и углублялись сотрудниками Института природопользования НАН Беларуси. Полученные новые данные

были обобщены В. С. Хомичем с коллегами (Хомич и др., 2002, 2004, 2009). Кроме того, известность получили исследования, касающиеся трансформации почв и покровных отложений на территории городов, выполняемые в Гомельском и Витебском государственных университетах (А. Н. Галкин, Е. Ю. Трацевская), Международном экологическом университете им. А. Д. Сахарова (С. С. Позняк, В. С. Кузьмин, О. В. Чистик).

Активно разрабатываются проблемы загрязнения покровных отложений под влиянием автомобильного транспорта, крупных промышленных предприятий, свалок, военных объектов, при мелиоративных работах. В этом направлении необходимо отметить исследования Института природопользования НАН Беларуси (А. В. Кудельский, В. С. Хомич, О. В. Кадацкая, Т. И. Кухарчик и др.), БелНИЦ «Экология» (В. М. Феденя, М. А. Ересько, В. В. Ходин, В. С. Зубрицкий и др.), сотрудников многих белорусских университетов (В. С. Аношко, В. Г. Жогло, В. Н. Киселев, Г. А. Колпашников, Н. К. Чертко, М. Г. Ясовеев и т. д.).

Геохимия заповедных зон изучалась на первых порах специалистами Института геохимии и геофизики НАН Беларуси (Лукашев, Лукашев, 1972; Применение ..., 1972; Геохимическое изучение ..., 1985; Ландшафтное и геохимическое изучение ..., 1992; Геохимические исследования ..., 1989), а затем были продолжены коллегами из Института природопользования и Белорусского, Гомельского и Брестского государственных университетов (Лукашев и др., 2009; Региональные проблемы ..., 2007 и др.). Работы по геохимии ландшафтов и примыкающие к ним фашиально-геохимические исследования осуществлялись практически всеми научными организациями республики (Ковалев, 1985; Лукашев и др., 1971; Хомич и др., 2004; Махнач, 2009 и др.).

Исследования по обозначенным выше четырем направлениям сопровождались оценками влияния геохимических аномалий на здоровье людей (и не только в Беларуси, но, например, на Украине), выявлялись зоны вокруг городов и других населенных пунктов, опасные для проживания населения в связи с загрязненностью различными химическими элементами (Матвеев, Бордон, 2009; Галецкий и др., 2007 и др.).

Параллельно с геоэкологическими исследованиями продолжались работы по геохимическому картированию. В 1990 г. завершено составление серии мелко- и среднемасштабных геохимических карт осадочного чехла и кристаллического фундамента в рамках республиканской программы «Атлас». Серия состоит из 13 основных карт и 120 карт-врезок. Геохимическое картирование платформенного чехла территории Беларуси выполнено здесь на литолого-фашиальной основе, кристаллического фундамента – на формационной и четвертичных отложений на ландшафтной основе. Основным объектом картирования являлись уровни накопления химических элементов, которые определялись по величине коэффициентов концентрации. На картах специальными условными обозначениями дана характеристика ассоциаций элементов в литолого-геохимических и петрографических (формационных) полях. Выделе-

ны геохимически однотипные зоны и аномалии, обозначены коэффициенты накопления элементов, некоторые другие геохимические характеристики. Показан качественный состав выделенных аномалий (Бордон, Матрунчик, 1990).

Начиная с конца 90-х годов прошлого столетия геохимические исследования территории Беларуси резко дифференцировались. Выделились два стратегически важных в современных условиях направления – поисковая геохимия и геоэкология. Геоэкологические исследования, включая эколого-геохимическое картирование, проводятся в большей части учреждениями Национальной академии наук и ВУЗами страны; поисковая геохимия и выявление общих геохимических особенностей территории страны развиваются в основном организациями РУП «Белгеология». Однако, прогнозные оценки на полезные ископаемые, рекомендации по выявлению новых видов минерального сырья и некоторым другим направлениям современной геологии и геохимии остались и в поле деятельности НАН Беларуси. Организациями РУП «Белгеология» и НАН Беларуси (Институт геохимии и геофизики, Институт природопользования, Белорусская гидрогеологическая экспедиция, Геофизическая экспедиция и др.) разрабатываются новые и усовершенствуются известные технологии поисков минерального сырья, составляются прогнозные карты – на палеороссыпи полиминералов, агрохимическое сырье и другие полезные ископаемые, в том числе нетрадиционные (торфовивианит, глауконит и др.), выявляются геохимические индикаторы различных геологических процессов, определяются и уточняются кларки микроэлементов и пороодообразующих элементов в различных геологических объектах, в том числе в генетических типах четвертичных отложений и т. д. (Бордон, 1977; Аношко и др., 1999; Матвеев и др., 2007).

Следовательно, тематика проводимых геохимических исследований в стране постепенно расширялась, возрастал и круг специалистов (ученых и производственников-геохимиков), участвующих в разработке геохимических проблем, основанных на современной лабораторной базе, происходит широкий обмен опытом и полученными результатами с зарубежными коллегами.

Это подтверждается организацией и проведением ряда международных форумов и издаваемых журналов и сборников. Разнообразные геохимические проблемы обсуждались на совещании «Прикладная геохимия Беларуси и государств Балтии» (1992), «Международном симпозиуме по прикладной геохимии стран СНГ» (1997) и на международных совещаниях «Инновационное развитие ...», 2007»; «Современные проблемы геохимии ...», 2007»; «Актуальные проблемы ...», 2007»; «Природопользование ...», 2010»; «Геохимия четвертичных отложений ...», 2011».

Как видно из краткого обзора истории геохимических исследований четвертичных отложений Беларуси, они велись в республике по всем основным направлениям, но, к сожалению, не на всей территории страны и не по всему разрезу четвертичной толщи. Охвачены только некоторые фации, генетические типы, участки или площади (например, отдельных городов), типы ландшафтов (тоже на ключевых участках). Нередко при таких геохимических

исследованиях оставались практически неизученными целые регионы, не всегда совпадали аналогичные данные, так как анализы производились в разных лабораториях.

Из сказанного выше следует, что в настоящее время назрела острая необходимость обобщить весь имеющийся геохимический материал по четвертичным отложениям, причем по всей территории страны, доисследовать «белые пятна» в проблеме четвертичной геохимии. Именно поэтому авторы и взялись за решение этой крайне важной задачи. Настоящая монография, по сути, является первым опытом, первой попыткой, возможно, в полной мере выявить и охарактеризовать геохимические особенности четвертичных отложений на всей территории Беларуси.

МЕТОДИКА РАБОТ

Анализ литературных источников, опыт построения геохимических карт различных стратиграфических подразделений осадочного чехла Беларуси и проведенные опытно-методические работы позволили обосновать основные положения методики изучения геохимических особенностей четвертичной толщи. Эти положения в первую очередь определялись целью и задачами исследований, обобщенные результаты которых положены в основу данной монографии.

Цель проведенных работ – выяснение основных закономерностей распределения в чехле четвертичных отложений химических элементов и выделение геохимических аномалий отдельных элементов или их ассоциаций, зон накопления экологически опасных веществ и построение серии карт, которые могут служить научной основой минерагенического и геоэкологического прогнозов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучены особенности строения четвертичной толщи, выполнено районирование территории региона по типам разреза четвертичных отложений;
- проведены сбор, систематизация и обобщение результатов химических, спектральных и других анализов;
- выделены ключевые участки для проведения полевых работ, дополнительных геохимических исследований;
- рассчитаны кларки основных породообразующих и микроэлементов для основных генетических типов отложений и четвертичной толщи в целом;
- разработаны методики, легенды и составлены геохимические карты четвертичных отложений;
- выявлены геохимические аномалии в четвертичной толще и установлена природа этих аномалий;
- выявлены фоновые концентрации и аномальные содержания основных микроэлементов в покровных отложениях;
- собраны данные по основным типам разрывных нарушений и оценена их роль в формировании геохимических аномалий в покровных отложениях;
- исследовано влияние техногенных процессов на геохимические особенности покровных отложений;
- оценены возможности использования геохимических аномалий при минерагенических прогнозах;
- осуществлен сбор данных по заболеваемости населения и сопоставлены эти материалы с результатами геохимических исследований;
- разработана легенда и составлена карта эколого-геохимического риска.

Основными видами анализов, использованных при выполнении работ, являлись количественные, полуколичественные и приближенно-количественные спектральные, полные химические анализы и определения концентраций радона в почвенном воздухе. Главными источниками фактического материала послужили опубликованная литература, предыдущие работы авторов в рамках программы фундаментальных и ориентированных фундаментальных исследований «Геологические процессы» (1996–2000 гг.), «Осадочные бассейны» (2001–2005 гг.), «Недра Беларуси» (2006–2010 гг.), фонды РУП «Белгеология». Также в распоряжение авторов были предоставлены архивы собственных аналитических данных сотрудником Института геохимии и геофизики НАН Беларуси С. Д. Астаповой. Использовался и созданный в свое время (2000 г.) в этом институте при участии одного из авторов (В. Е. Бордон) банк геохимической информации.

В процессе подготовки книги были дополнительно опробованы и проанализированы четвертичные отложения в Витебской области (р-ны Глубокое – Постава – 640 анализов), в Беловежской пуще – 90 определений и Рогачевско-Жлобинском районе – 840 анализов, на территории Белорусского Полесья – 220 определений, а также при профилном картировании на севере Беларуси – 65 анализов, в центральной Беларуси – 150 анализов. Все они выполнялись спектральным количественным или полуколичественным методом. Химических анализов по этим территориям проведено около 100.

Значительный фактический материал был также получен в процессе работ по ряду проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в 2005–2011 гг. Эти исследования эколого-геохимического профиля осуществлялись в основном на территории ключевых участков с целью оценки влияния геохимических особенностей территории на здоровье населения, установления роли разрывных нарушений в формировании геохимических аномалий в покровных отложениях и особенностей техногенного загрязнения отложений вдоль автомобильных дорог.

Ключевые участки были выбраны таким образом, чтобы на них были представлены все наиболее распространенные генетические типы отложений, разрывные нарушения разного ранга и основные виды автомобильных дорог. На площади ключевых участков с интервалом от 0,02 до 1 км отбирались образцы с глубины 0,0–0,1 и 0,9–1,0 м. Приближенно-количественные спектральные анализы выполнялись в лабораториях Института геохимии и геофизики НАН Беларуси и Центральной лаборатории РУП «Белгеология».

Из всех перечисленных источников при подготовке книги систематизировано свыше 10000 спектральных, 1400 химических анализов четвертичных отложений, около 100 определений концентраций радона в почвенном воздухе.

Обобщение данных полных химических анализов позволило определить средние содержания оксидов в основных типах четвертичных отложений и рассчитать региональные кларки породообразующих элементов (Si, Al, Fe³⁺, Fe²⁺, Mg, Ca, Na, K, S⁶⁺) как по основным генетическим типам отложений, так и по четвертичной толще в целом. Были также по результатам спектральных ана-

лизов установлены кларки микроэлементов в разновозрастных моренных и флювиогляциальных отложениях, а также в озерно-ледниковых, озерных, аллювиальных, болотных и эоловых отложениях.

Кларки элементов для четвертичной толщи в целом рассчитывались как средневзвешенные величины, исходя из того, что общая доля ледниковых комплексов составляет 88% от всего объема четвертичного покрова, в том числе моренных 52%, флювиогляциальных – 31% и озерно-ледниковых образований – 5%; на перигляциальные отложения приходится 7%; межледниковые и современные – 5%.

Для геохимической характеристики толщи четвертичных отложений предварительно было выполнено районирование территории региона по характерным типам разреза. При выполнении подобных работ использовались следующие признаки: мощности отложений в целом и отдельных слоев, особенности их состава, площади распространения основных типов отложений и их доля в общем объеме четвертичной толщи, характер строения ложа (поверхности коренных пород) и кровли (рельефа земной поверхности) отложений, состав пород ложа, полнота стратиграфического разреза. По этим признакам выделено 45 литогеохимических полей, отвечающие типам (21) разрезов и подтипам (от 1 до 3 в каждом типе) в зависимости от состава подстилающих четвертичную толщу пород.

Составленные типовые разрезы являются в значительной степени «условными», так как не отражают строение какого-либо конкретного участка, а служат усредненной характеристикой. В связи с этим некоторые горизонты или типы отложений, которые имеют ограниченное распространение и на которые приходится не более нескольких процентов от общего объема толщи, не нашли отражения в составленных разрезах. Это обусловлено тем, что геохимические особенности таких отложений не влияют на средневзвешенную характеристику четвертичного чехла.

Уровни накопления или рассеяния тех или иных элементов в разных литогеохимических полях определялись путем сравнения фона на участке с кларком конкретного элемента в четвертичных отложениях и определением геохимической формулы каждого поля. В приводимых формулах в числитель выносились элементы, содержание которых превышает кларк, в знаменатель – ниже кларков. Рядом с дробью показаны элементы с концентрациями, близкими к кларку толщи. Геохимическая формула поля дает практически исчерпывающую информацию о распределении элементов в нем и тенденции к накоплению или рассеиванию. Коэффициент концентрации всех элементов в числителе выше единицы, в знаменателе – ниже; у элементов, помещенных рядом с дробью, примерно равен единице. На основе анализа коэффициентов концентрации и их дифференциации в каждом из литогеохимических полей выделялись ведущие ассоциации элементов.

Выделение геохимических ассоциаций осуществлялось по методике А. А. Смыслова, разработанной во ВСЕГЕИ (Смыслов, 1975; Скублов, 1983). Суть ее за-

ключается в определении реальных содержаний элементов в однородном геохимическом поле, подсчете их коэффициентов концентрации и классификации элементов. Элементы, попадающие в классификации в одну группу, составляют единую ассоциацию. Учитывая региональный характер настоящей работы, мы определили средние содержания элементов в литогеохимических полях, а коэффициенты концентрации подсчитывали относительно кларков этих элементов в четвертичной толще Беларуси. Выделенные таким образом геохимические ассоциации элементов мы дифференцировали в соответствии с классификацией В. М. Гольдшмидта (Войткевич и др., 1970). Реально изученные нами элементы распределяются в принятой классификации таким образом:

литофильные – Li, B, Ti, V, Cr, Mn, Sr, Y, Zr, Nb, Sc, Ba, P, W, Be, Yb, La;

халькофильные – Cu, Zn, Ga, Ge, Sn, Pb, Cd, Bi, Sb, Ag, Ce;

сидерофильные – Co, Ni, Mo;

литохалькофильные – Ga, Sn, Pb, Ag, Ba, Sr;

литосидерофильные – Co, Ni, Cr, V, Mn, Ti, Zr.

Каждое из выделенных литогеохимических полей характеризуется своей реальной геохимической ассоциацией элементов, которые и выносились на соответствующую карту (схему). Кроме того, на специальной карте выделены зоны накопления тяжелых металлов (Ni, Co, Pb, Cu, Zn, Bi, Sn) как имеющие значение при экологическом анализе. Зоны определялись по максимальным концентрациям суммы обозначенных элементов.

Построение моноэлементных карт проводилось в масштабе 1:1 000 000. Для создания координатной сетки геологическая карта соответствующего масштаба разбивалась на квадраты со стороной 25 км. В углах квадратов ставились значения концентраций элементов, которые определялись либо непосредственно по результатам аналитических определений, либо по данным интерполяции значений между точками опробования и с учетом генетического типа отложений. При этом для построения геохимических моноэлементных карт четвертичной толщи в целом в углах квадратов помещались средневзвешенные величины концентраций элементов с учетом соотношений в разрезе генетических типов отложений. Затем определялись координаты нанесенных точек и по ним выполнялись графические построения. Для публикации полученные карты уменьшались, что сопровождалось некоторым обобщением в рисовке изолиний.

Для оценки техногенного загрязнения покровных отложений в первую очередь анализировались многочисленные опубликованные данные (Современные проблемы геохимии ..., 2002; Состояние природной среды ..., 1997; Состояние окружающей среды ..., 2001; Коцур, 1998; Гречко и др., 2005; Хомич и др., 2002; Волкова, Лебедева, 2002 и т. д.). Кроме того, были выполнены специальные исследования по оценке загрязненности покровных отложений вдоль шоссе-ных дорог. С этой целью на удалении от 20 до 100 м и более отбирались пробы покровных отложений с глубины 0,1–0,2 и 0,9–1,0 м. Реже отбор проб проводился по профилям, пересекающим дорогу, с интервалом отбора не более 20 м.

Значительный объем работ проведен по обобщению техногенного изменения состава покровных отложений в районе городов. Эти исследования потребовали разработки специальной методики. Предварительно проводился сбор и анализировалась информация, характеризующая физико-географические условия конкретных территорий, существующие геохимические данные по покровным отложениям. Затем важную роль играл анализ загрязненности снежного покрова и проб грунтов, отобранных на глубине 10–15 см. Более детальное описание методики этих работ изложено в ряде публикаций (Бордон, 1998; Матвеев и др., 2009). Итогом являлись эколого-геохимические карты, на которых отражался уровень техногенной геохимической трансформации покровных отложений с выделением зон экологической нормы при условии соблюдения отдельных природоохранных мероприятий, неустойчивого экологического состояния, экологической опасности и экологического кризиса.

Для оценки концентрации радона в почвенном воздухе измерения проводились в процессе совместных работ сотрудником Института радиологии Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь М. И. Автушко. Методика этих работ опубликована (Автушко и др., 1996; Автушко, Матвеев, 2010). Исследования проводились на Воложинском и Солигорском геодинамических полигонах. Кроме того, использовались опубликованные данные А. В. Матвеева и др. (1996), М. Ю. Калинина (1998), В. А. Лазина, В. Н. Морозова (2001), А. К. Карабанова и др. (2009), а также материалы геофизической экспедиции РУП «Белгеология».

Обобщение всей собранной геохимической информации и опубликованные данные на территории Беларуси (Аношка і інш., 2002; Казлова, Піліпцэвіч, 2002; Красовская, Галкин, 2007; Чысценка, 2002 и др.) были использованы для построения карты эколого-геохимического риска на территории Беларуси. На этой карте выделен ряд градаций территории, начиная от незначительной степени эколого-геохимического риска и заканчивая участками экологического кризиса. Кроме выделения на карте площадных таксонов, специальным знаком показаны линейные зоны активных тектонических нарушений, в пределах которых формируются геохимические аномалии в покровных отложениях, а также аномалиями физических полей. Судя по опубликованным данным (Мельников и др., 1993; Международный симпозиум ..., 1997), эти зоны могут рассматриваться как линейные очаги повышенной и высокой степени эколого-геохимического риска. Некоторые другие аспекты методики проведенных исследований более подробно описаны в соответствующих разделах книги, что более органично увязывается с приводимыми картографическими построениями и выводами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Краткий очерк геохимических исследований четвертичных отложений	5
Методика работ	12
Геологическая характеристика четвертичных отложений	17
Общие особенности строения.....	17
Типизация территории.....	21
Геохимическая характеристика толщи четвертичных отложений	40
Кларки породообразующих и микроэлементов.....	40
Особенности площадного распределения породообразующих элементов	47
Особенности площадного распределения микроэлементов	52
Основные ассоциации микроэлементов	69
Геохимическая характеристика покровных отложений	73
Концентрации макрокомпонентов	73
Концентрации микроэлементов.....	77
Концентрации радона.....	92
Воложинский ключевой участок.....	93
Солигорский ключевой участок.....	95
Данные по другим районам Беларуси.....	98
Влияние постседиментационных процессов на геохимические особенности покровных отложений	101
Общая характеристика ключевых участков.....	102
Влияние зон разрывных нарушений на состав покровных отложений.....	120
Изменения геохимических параметров покровных отложений под влиянием техногенных процессов	129
Техногенное загрязнение покровных отложений в г. Полоцке и окрестностях	132
Техногенное загрязнение покровных отложений в г. Витебске и окрестностях	135
Техногенное загрязнение покровных отложений в г. Минске	138
Техногенное загрязнение покровных отложений в районе г. Солигорска ...	142
Техногенное загрязнение покровных отложений в районе г. п. Красносельский (Волковысский район Гродненской области)	146
Техногенные изменения покровных отложений на территориях бывших военных баз и формирований.....	148
Техногенное загрязнение покровных отложений вдоль автомобильных дорог	150
Геохимические аномалии	157
Поисково-геохимические аномалии	159
Аномалии фосфора	159
Редкометалльные аномалии.....	162

Аномалии элементов полиминеральных россыпей	163
Комплексные аномалии никеля, кобальта и хрома	167
Эколого-геохимические аномалии	172
Радиоактивные загрязнения.....	172
Зоны накопления тяжелых металлов.....	174
Районирование территории Беларуси по степени эколого-геохимического риска	176
Заключение	181
Литература	184