

УДК: 550.4

ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРМЕНИИ

© 2016 г. А.К. Сагателян, Л.В. Саакян, О.А. Беляева,
Г.О. Тепаносян, Д.А. Пипоян

Центр эколого-ноосферных исследований НАНА, Ереван, Армения
e-mail: ecocentr@sci.am

Поступила в редакцию 24.12.2015 г.

Обсуждается развитие исследований по экологической геохимии в Армении: от составления моноэлементных геохимических карт до изучения проблем загрязнения среды и возникающего при этом риска для здоровья человека. Рассмотрены основные этапы становления геохимических исследований, решения соответствующих прикладных задач на основе междисциплинарного изучения территории и синтезирующей роли географии.

Ключевые слова: геохимия, территория, элемент, биогеохимические провинции, геохимическое картирование, город, горнорудный центр, пищевые цепи, потенциальный экологический риск, риск для здоровья.

Развитие геохимических исследований в наши дни во многом основывается на междисциплинарных исследованиях. В настоящей статье рассматривается развитие эколого-геохимических исследований в Армении, включая выявление роли химических элементов в земной коре, изучение трансформации их поведения под воздействием антропогенных факторов, механизмов рассеивания и концентрации в биосфере и, в конечном итоге, определяющих степень риска загрязнения окружающей среды для населения страны.

Становление геохимических исследований. Как известно, основы геохимии были заложены трудами четырех ученых на рубеже XIX – XX вв. – Ф.У. Кларка, В.И. Вернадского, В.М. Гольдшмидта и А.Е. Ферсмана. В работе Кларка “Data of Geochemistry” [43] приведены результаты анализа и синтеза многочисленных данных Американского геологического комитета именно с позиций геохимии. Примечательно, что первое определение геохимии как научной дисциплины было дано В.И. Вернадским двумя годами позже выхода в свет “Data of Geochemistry”. В.И. Вернадский, как впоследствии и В.М. Гольдшмидт, определил геохимию как науку, изучающую историю химических элементов в пределах Земли [9, 51].

Труды В.И. Вернадского сформировали единую философскую основу целого ряда дисциплин, изучающих специфику поведения и историю химических элементов Земли [41, 47], причем было пока-

зано, что геохимические методы применимы для изучения как косного, так и живого вещества [8].

Геохимическая экология и геохимия ландшафта. С середины XX в. в трудах А.Е. Ферсмана, А.П. Виноградова [10, 18] активно развивались представления о биогеохимических провинциях. Немногом ранее В.В. Ковальский заложил основы учения о геохимической неоднородности субрегионов биосферы. В своих работах он указал зависимость микроэлементного состава живых организмов от химического состава компонентов среды обитания, важность исследования пищевых цепей, проявление различных эндемических заболеваний, случаи синергизма и антагонизма химических элементов у животных и человека [19].

На территории Армении В.В. Ковальским *описан ряд биогеохимических провинций*: обогащенная молибденом Анкаванская, медью и молибденом – Каджаранская, свинцом – Ахтальская [19]. Позднее исследования природного распределения элементов на территории Армении были продолжены под руководством А.К. Сагателяна в подразделениях производственного объединения “Армгеология” и в Институте минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ, г. Москва), а в постсоветский период – в Центре эколого-ноосферных исследований Национальной Академии наук Республики Армения (ЦЭНИ НАНА). Им обобщены результаты геолого-поисковых работ, на основе которых были составлены 13 моноэле-

ментных геохимических картосхем распространения содержаний тяжелых металлов на территории Армении [30].

Начиная с 20-х годов прошлого века, Б.Б. Польшов разрабатывал основы для новой научной дисциплины, позже получившей название “*геохимия ландшафта*” [26]. В работах Б.Б. Польшова и его учеников А.И. Перельмана и М.А. Глазовской [11, 24, 25], направленных на выявление закономерностей миграции и перераспределения вещества в пределах ландшафтных зон и отдельных ландшафтов, сформировались понятия о геохимическом ландшафте, условиях миграции элементов, геохимических барьерах и других основах нахождения элементов в окружающей среде. Благодаря этим работам была создана необходимая среда для синтеза современных концепций геохимии и географического ландшафта [47].

В Армении исследования *геохимии ландшафтов* проводились в Институте геологии АрмССР П.М. Капляном, Л.А. Григоряном и др. [13, 16], применительно к геохимическим поискам рудных месторождений. На основе анализа биоклиматических, рельефно-морфологических и геолого-литологических условий, с учетом класса водной миграции элементов и их соединений, были получены сводные карты геохимических ландшафтов и гидрогеохимических аномалий Республики Армения (м-б 1:200 000). Как в сфере геохимической экологии, так и геохимии ландшафта, необходимой составляющей исследований являлось применение картографических методов: результаты получали пространственное отображение с четкой привязкой к местности.

Эколого-геохимические исследования городских территорий и промышленных зон. До 70-х годов XX в. геохимические методы преимущественно внедрялись в практику геологоразведочных работ при поиске и оценке месторождений полезных ископаемых [2, 4, 15, 35]. Позже методические подходы и понятийный аппарат поисковой геохимии были трансформированы для целей эколого-геохимического картирования городов и промышленных зон [14]. Плановое изучение окружающей среды городов СССР были начаты под руководством Ю.Е. Саета. Оно получило название “*эколого-геохимических исследований*” [20–22, 39, 40]. Базовым принципом этих работ было отображение распределения концентраций химических элементов и их групп в различных компонентах окружающей среды. В результате с 1970-х гг. началась разработка специализированных геохимических карт городов [6, 38], при помощи которых выявлялись источники загряз-

нения, приоритетные загрязнители, оконтуривались дискомфортные зоны. В качестве оценочных критериев опасности загрязнения среды применялось сопоставление выявленных концентраций с установленными ПДК, а также ранжированный по степени опасности суммарный показатель концентраций – СПК [20–22, 34].

Первые эколого-геохимические исследования городов Армении проводились с начала 1980-х гг. Ю.Е. Саетом и другими сотрудниками ИМГРЭ, а начиная с 1989 г. – в ЦЭНИ под руководством А.К. Сагателяна. В качестве примера полученных результатов приведена карта полиэлементного загрязнения тяжелыми металлами (Pb, Cu, Zn, Ni, Ag, Co, Cr, Mo) почв г. Еревана в 1989 г. [27, 30] (рис. 1).

В разные годы работы ЦЭНИ охватывали как старые традиционные горнорудные центры страны: Каджаран, Капан, Алаверди [30, 32, 33, 59], так и сравнительно молодые промышленные города – Арарат, Ванадзор [17], Гюмри [23], а также столицу Армении – многофункциональный город Ереван [27, 30, 36, 57, 58]. Изучение геохимических особенностей города путем сопряженных почвенных экогеохимических исследований и анализа геохимического потока элементов в атмосфере и поверхностных водотоках продолжается уже более 30 лет. Благодаря повторному анализу дубликатов проб ранних почвенных съемок г. Еревана и последующей статистической обработке баз данных, ЦЭНИ обеспечил преемственность результатов геохимических данных, полученных в разные годы различными аналитическими методами [3].

Как объект эколого-геохимических исследований Ереван чрезвычайно интересен, так как геохимический облик города претерпел значительные изменения под влиянием известных социально-экономических трансформаций последних трех десятилетий: 1) резкий спад промышленной деятельности после распада СССР в 1991 г., 2) запрет на ввоз и использование этилированного бензина в 2001 г., 3) смена доминирующей тяжелой промышленности (металлургия, машиностроение, приборостроение и пр.) на легкую (пищевая, табачная, обрабатывающая, ювелирная). Уже в 2000-х гг. исследования воздушно-миграционного геохимического потока тяжелых металлов выявили снижение суммарной интенсивности потока и изменения качественного состава загрязнителей, в частности – резкое снижение концентраций свинца и рост содержаний серебра в пыли [27, 30]. Аналогичные изменения зафиксированы для химического состава почв города. Так, свинец, являющийся приоритетным загрязнителем почв по



Рис. 1. Карта-схема суммарного загрязнения почв г. Еревана тяжелыми металлами в 1989 г.

результатам геохимической съемки 1989 г. [30], в 2002 г. уступил позиции серебра. Мозаичное пространственное распределение свинца в почвах в 1989 г. принимает относительно равномерный характер в 2002 г. [27, 28], с дальнейшей тенденцией снижения содержаний и перераспределением полей концентраций по результатам съемки 2012 г. [3, 36].

Эколого-геохимические исследования позволили ранжировать территорию г. Еревана по уровням полиэлементного загрязнения на основе значений СПК. Динамика загрязнения почв за период 1989–2012 гг. отражается как в изменении пространственного распределения значений СПК, так и в качественно-количественном изменении состава загрязнителей [27, 36].

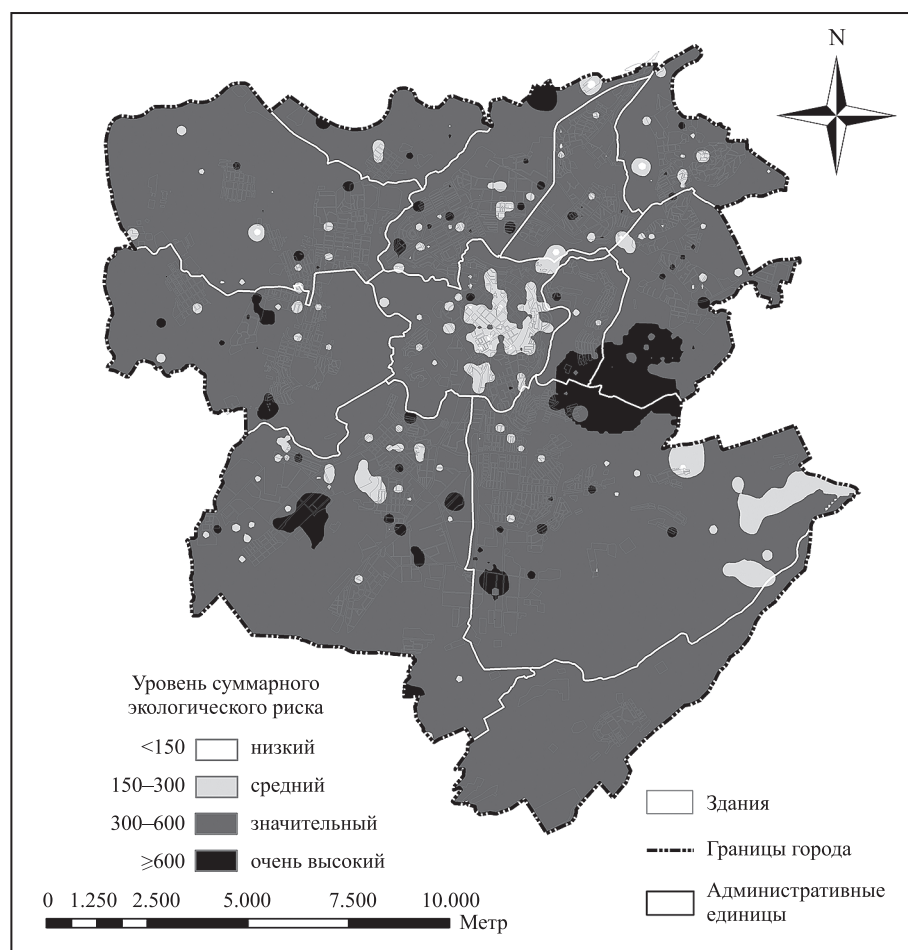


Рис. 2. Карта суммарного потенциального экологического риска.

Результаты эколого-геохимических и медико-биологических исследований. Естественно, что показатель СПК имеет достаточно условный характер, и следующим шагом эколого-геохимических исследований стало применение пространственного совмещения уровней загрязнения с самыми различными медико-биологическими показателями состояния населения: от общей смертности до специфических реакций организма [5, 7, 37]. В результате разработана оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю концентрации (СПК) аномальных химических элементов [12].

В Армении *медико-биологические и эколого-геохимические исследования*, как правило, проводятся одновременно. В конце 1990-х гг. были предприняты первые попытки связать количественную меру загрязнения с общими показателями заболеваемости населения, такими как уровень общей заболеваемости, число хронических заболеваний у детей, увеличение токсикоза беременности, число преждевременных родов, и пр. [29, 31, 42]. Подобное сопоставление достигалось путем простого наложения случаев отдельных заболеваний на карту

суммарной загрязненности почв тяжелыми металлами, либо на карты распределения концентраций отдельных элементов в почвах [52]. Позже в ряде проектов ЦЭНИ последовательность работ была иной. Первоначально ставилась задача выделения групп риска среди населения с последующим целевым опробованием биосубстратов и оценкой микроэлементного статуса организма [32, 33, 59].

В описанных исследованиях территория использовалась как объективизирующий фактор для сопоставления самых различных явлений, объединенных геоэкологическим детерминированием места и времени.

Для решения подобных прикладных задач стали использоваться географические информационные системы (ГИС), поскольку развитие информационных технологий вкупе с тенденциями глобализации науки способствовали появлению доступного компьютерного программного обеспечения. Использование ГИС-технологий упростило и ускорило процесс исследования, а также позволило получить ряд качественно новых знаний [1].

При определенных успехах данного подхода результаты желали лучшего как с позиций достоверности / достоверности связей, так и пространственного отображения количественного риска загрязнения.

Оценка и картирование эколого-геохимического риска. Разработанная агентством охраны окружающей среды США (US Environmental Protection Agency) оценка экологического риска представляет собой процесс оценки вероятности отрицательного влияния экологических стрессоров, таких как химическое загрязнение, деградация земель, эпидемии и изменения климата на экосистемы. Применение метода USEPA требует большого количества исходной информации относительно состояния отдельных видов растений, растительных сообществ и животных в составе экосистем [61].

В случае г. Еревана [36] для оценки экологического риска наиболее целесообразным было применение метода Л. Акансона – расчет индекса потенциального экологического риска (Potential Ecological Risk Index – PERI) [48]. PERI базируется не только на оценке концентраций загрязнителя и мере обогащения среды химическими элементами, но также токсикологических показателей и резистентности организмов [56, 60, 63, 64].

Оценка *потенциального экологического риска для населения* г. Еревана базировалась на результатах педогеохимической съемки, осуществленной ЦЭНИ в 2012 г. В итоге оценки потенциального экологического риска были получены моноэлементные и интегральные значения PERI по отдельным пунктам опробования. Метод PERI позволил картировать уже не само загрязнение, а непосредственно потенциальный моноэлементный и интегральный экологический риск (рис. 2) [36].

Оценка и картирование риска для здоровья населения в Армении. Началом применения оценки риска для здоровья человека считается публикация директивы USEPA “Оценка канцерогенного риска” в 1976 г. [54]. Риск для здоровья определяется как характер и вероятность возникновения в настоящее время или в будущем неблагоприятных последствий для здоровья человека в процессе воздействия химических веществ в среде обитания [62]. Процесс включает стадии планирования, идентификации опасности, оценки зависимости “доза–ответ”, оценки экспозиции и заключительный этап характеристики риска.

Оценка риска для здоровья человека осуществлена на базе данных по содержанию тяжелых металлов в почвах г. Еревана в соответствии с методикой USEPA. Исследования показали, что за-

грязнение окружающей среды обуславливает риск для здоровья человека. В частности, на всей территории г. Еревана имеет место неканцерогенный риск для здоровья детей, в случае инцидентного поглощения почв (рис. 3) [36].

Таким образом, в геохимических исследованиях окружающей среды Армении произошло качественное изменение: переход от выявления и картирования аномальных концентраций элементов к количественной оценке и пространственно-временному отображению риска для здоровья населения; тем самым геохимические данные стали более доступными для принятия решений.

Оценка риска загрязнения пищевых цепей. При факторном анализе риска загрязнения для здоровья населения стало очевидно, что определение уровней загрязнения отдельных компонентов окружающей среды недостаточно, так как значимым фактором на локальных территориях часто являются пищевые цепи. Еще в 1972 г. А.С. Перельман, опираясь на исследования В.В. Ковальского, заметил, что в природе не существует естественных ландшафтов, в которых пища и вода содержали бы оптимальные, сбалансированные количества макро- и микроэлементов для здоровья живых организмов в целом и человека в частности [25]. Одним из важнейших результатов прикладных исследований в сфере геохимии окружающей среды стала оценка риска для здоровья человека, основанная на анализе пищевых цепей, конечным звеном которых является человек.

Примером подобных исследований могут послужить работы, проводимые ЦЭНИ в г. Каджаране [32, 33, 59] – традиционном горнорудном центре крупного медно-молибденового месторождения. В регионе особую опасность представляют рекультивированные в 1980-х гг. хвостохранилища. После распада СССР и последовавшего за ним социально-экономического кризиса территория бывших хвостохранилищ используется местным населением в качестве огородов и для выпаса крупного рогатого скота. Химический анализ кормовых трав на этой территории выявил превышение в них допустимых норм по молибдену, никелю, хрому, ртути. Для изучения дельнейшей миграции этих элементов по трофическим цепям, был изучен химический состав молока коров, пасущихся на данной территории. В молоке установлены высокие концентрации мышьяка, свинца, ртути, многократно превышающие стандарты безопасности, принятые в Армении. Тяжелые металлы из почвогрунтов хвостохранилищ переходят также в выращиваемые сельскохозяйствен-



Рис. 3. Карта уровней неканцерогенного риска для здоровья детей в г. Ереване в случае инcidentalного поглощения почв.

ные культуры. Таким образом, анализ пищевых цепей выявил, что риск для здоровья населения в основном обуславливается миграцией элементов-примесей руд, в том числе токсичных металлов I класса опасности: мышьяка, свинца, кадмия и ртути.

Исследования полного рациона питания (TDS). В условиях локального загрязнения окружающей среды и его влияния на качество сельскохозяйственных продуктов – со всей очевидностью встала проблема оценки влияния пищи на организм: оценка не только концентраций отдельных элементов и их соединений, но также оценка дозы и экспозиции в зависимости от видов потребляемых пищевых продуктов.

В 1950-х гг. в США были заложены основы исследования полного рациона питания (TDS – Total Diet Study) [45], способ оценки загрязнения продуктов питания химическими агентами [49]. За прошедшие десятилетия метод применялся в раз-

личных странах, совершенствовался, стандартизировался и в настоящее время рекомендован Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [46], как скрининговый инструмент при мониторинге; средство управления риска при определении приоритетов с целью разработки мер по защите здоровья населения; как оценочный инструмент для определения тенденций воздействия химических веществ в общей популяции и в конкретных группах населения и оценки эффективности предыдущих решений; для оповещения населения – необходимой стадии оценки риска [49].

Практика управления безопасностью пищевых продуктов, основанная на анализе риска для населения, нашла широкое распространение не только в развитых, но и в развивающихся странах. Однако зачастую в странах, подобных Армении, ощущается нехватка научно-методической базы и соответствующих данных для внедрения и применения подобного подхода. Армения приняла

подход, основанный на геохимическом и экологическом риске, в 2011 г., а в 2014 г. был принят закон “О безопасности пищевых продуктов” и закон “О государственном надзоре безопасности пищевых продуктов”, определяющие принцип анализа риска с сепарацией, от компонентов оценки и управления рисками.

Для создания научных основ принятия решений в сфере *безопасности пищевых продуктов*, в 2012 г. ЦЭНИ, опираясь на данные геохимических исследований [32, 33, 59], в рамках пилотного проекта Центр оценил экспозицию населения горнорудных районов, принимая во внимание высокий уровень загрязнения сельскохозяйственных почв и получаемого продовольственного сырья [55]. Результаты исследования показали, что суточный прием металлов (СПМ) основывается не только на уровне загрязнения, но и на объеме потребления овощей, выращиваемых на загрязненных территориях. Так, максимальное содержание меди зафиксировано в фенхеле, потребление которого ограничено. Однако СПМ меди с фасолью намного выше, так как этот овощ потребляется местным населением в больших количествах [55].

По результатам пилотного проекта *оценки экспозиции металлов*, СПМ никеля, меди, молибдена, хрома и свинца превышает рекомендованный уровень (Reference Level). В горнорудных регионах Армении рекомендовано избегать употребления в пищу овощей местного производства в больших количествах, т. к. они являются фактором риска для местного населения [55].

Метод TDS позволяет провести сопоставление данных концентрации и экспозиции контаминантов с отдельными заболеваниями. Сопоставление результатов TDS с данными мониторинга биомаркеров человека выявили ряд неизвестных свойств химических элементов [50]. Так, молибден ранее не считался токсичным, однако он дал высокие показатели оксидативного стресса и корреляцию с раком органов желудочно-кишечного тракта [44].

В заключение можно констатировать, что оценка риска здоровью населения зависит от суммы показателей риска загрязнения окружающей среды и пищевых цепей. При четкой пространственно-временной привязке результатов их анализа география способна выступить как интегратор таких дисциплин как геохимия, биохимия, медицина, статистика, социология, обеспечивая базис междисциплинарных подходов, что и продемонстрировала история эколого-геохимических исследований в Армении в последние десятилетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмарян Ш.Г., Саакян Л.В., Сагателян А.К. Геоэкологические проблемы и комплексная оценка городских территорий с использованием ГИС (на примере г. Еревана) // Вызовы XXI века: природа, общество, пространство. Ответ географов стран СНГ / Отв. ред. В.М. Котляков. М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2012. С. 119–123.
2. Барсуков В.Л., Григорян С.В., Овчинников Л.Н. Геохимические методы поисков рудных месторождений. М.: Наука, 1981. 319 с.
3. Беляева О.А., Тепаносян Г.О., Саакян Л.В. Обеспечение преемственности геохимических исследований городских территорий (на примере г. Еревана) // Проблемы окружающей среды и выделение групп риска среди населения / Отв. ред. А.К. Сагателян. Ереван: Гитутюн, 2013. С. 46–55.
4. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1975. 286 с.
5. Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Менчинская О.В., Зангиева Т.Д., Шатагин Н.Н., Евсеев В.А. Экогеохимия и экопатология в Юго-Восточном округе г. Москвы // Прикладная геохимия / Ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 84–112.
6. Буренков Э.К., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Эколого-геохимические исследования ИМГРЭ в Московском регионе // Прикладная геохимия / Ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 39–50.
7. Буштуева К.А. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. М.: Медицина, 1979. 160 с.
8. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 261 с.
9. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. 422 с.
10. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции // Геохимия. 1963. № 3. С. 199–212.
11. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
12. Головин А.А., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Современные подходы к эколого-геохимической оценке урбанизированных территорий // Прикладная геохимия / Ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 51–62.
13. Григорян Л.А., Аракелян Г.Б., Капелян П.М. Ландшафтно-геохимическое районирование при геохимических поисках по вторичным ореолам рассеяния // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1968. Т. 21. № 5. С. 66–79.
14. Григорян С.В., Сагет Ю.Е. Геохимические методы при решении некоторых экологических задач // Советская геология. 1982. № 1. С. 36–40.

15. Григорян С.В., Сагатемян А.К. Теллур как элемент-индикатор золотого оруденения // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1989. № 6. С. 19–23.
16. Григорян Л.А., Аветисян В.А., Ананян А.Л., Капланян П.М., Шагинян Г.В., Экузян Ц.О. Схема гидрогеологического и гидрогеохимического районирования территории Республики Армения по условиям распространения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения // Изв. НАН РА. Науки о земле. 1997. № 1–2. С. 61–74.
17. Джугарян О.А. Экотоксикология техногенного загрязнения. Смоленск: Ойкумена, 2000. 280 с.
18. Избранные труды академика А.Е. Ферсмана. Т. 3 / Ред. Д.И. Щербаков М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 798.
19. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.
20. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
21. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 1982. 66 с.
22. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. М.: Гидрометеоиздат, 1981. 108 с.
23. Оганесян А.А., Мурадян А.А., Барсегян А.А. Изучение содержания тяжелых металлов в почвах и овощных культурах в г. Гюмри // Матер. IV респ. молод. конф. “XXI век: экологическая наука в Армении”. Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 2000. С. 252–255.
24. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш. шк., 1975. 342 с.
25. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.
26. Польшов Б.Б. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 751 с.
27. Саакян Л.В. Особенности динамики загрязнения почв г. Еревана тяжелыми металлами (Ag, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Mo). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ереван: Ереван. гос. ун-т, 2008. 23 с.
28. Саакян Л.В. Постановления правительства как залог решения проблем загрязнения окружающей среды (на примере г. Еревана) // Наука и техника. 2007. № 9. С. 10–14.
29. Сагатемян А.К., Кукулян М.А., Хачатрян Т.С. Оценка риска перинатальной смертности при загрязнении окружающей среды тяжелыми металлами // Матер. респ. научн. конф. “Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами”. Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 1996. С. 69–70.
30. Сагатемян А.К. Особенности распределения тяжелых металлов на территории Армении. Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 2004. 157 с.
31. Сагатемян А.К., Бабаян Э.А., Вартазарян Л.Д. Содержание свинца в объектах окружающей среды и в крови детей и взрослых // Тез. докл. респ. науч. конф. “Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами”. Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 1996. С. 68–69.
32. Сагатемян А.К., Геворкян В.Ш., Аревшатян С.Г., Саакян Л.В. Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды города Каджарана. Ереван: ЦЭНИ НАН РА, 2008. 200 с.
33. Сагатемян А.К., Саакян Л.В., Микаелян М.Г., Беляева О.А. Эколого-геохимический анализ рисков влияния горнорудной промышленности на устойчивое развитие Армении // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 5. С. 87–93.
34. Сагте Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
35. Сагте Ю.Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. М.: Наука, 1982. 167 с.
36. Тепаносян Г.О. Особенности геохимии и техногенного геохимического потока тяжелых металлов на территории города Еревана. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ереван: Ин-т ботаники НАН РА, 2015. 22 с.
37. Фоменко И.К., Самаев С.Б., Соколов Л.С. Оценка эколого-геохимического риска для здоровья г. Москвы // Прикладная геохимия / Ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 79–84.
38. Экогеохимия городских ландшафтов / Ред. Н.С. Касимов. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.
39. Янин Е.П. Введение в экологическую геохимию. М.: ИМГРЭ, 1999. 68 с.
40. Янин Е.П. К истории эколого-геохимических исследований в ИМГРЭ // Геохимические исследования городских агломераций. М.: ИМГРЭ, 1998. С. 158–165.
41. Янин Е.П. О предмете экологической геохимии // Прикладная геохимия / Ред. Э.К. Буренков, А.А. Кременецкий. М.: ИМГРЭ, 2004. С. 23–38.
42. Babayan E.A. and Saghatelyan A.K. Some health indices under condition of lead contamination of the environment and industrial areas // Medical Science of Armenia 1999. Vol. 4 (39) P. 141–151.
43. Clarke F.W. Data of Geochemistry. USGS Bulletin № 330. Series E: Chemistry and Physics. Washington, 1908. 716 p.
44. Duruibe J.O., Ogwuegbu M.D.C., and Ekwurugwu J.N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects // Int. J. Phys. Sci. 2007. Vol. 2 (5). P. 112–118.
45. Egan K. The Origin of Total Diet Studies / G.G. Moy and R.W. Vannoort (Eds.). Total Diet Studies. Springer, New York, 2013. P. 11–18.
46. FAO/WHO Global forum of food safety regulators. Building effective food safety systems. Rome, 2004. 17 p.

47. *Fortescue J.A.C.* Landscape geochemistry: retrospect and prospect – 1990 // *Applied Geochemistry*. 1992. Vol. 7 (1). P. 1–53.
48. *Hakanson L.* An ecological risk index for aquatic pollution control-A sediment ecological approach // *Water Research* 1980. Vol. 14 (8). P. 975–1001.
49. Joint Guidance of EFSA, FAO and WHO. Towards a harmonized Total Diet Study approach: a guidance document, 2011. 66 p.
50. *Jomova K. and Valko M.* Advances in metal-induced oxidative stress and human disease// *Toxicology*. 2011. 283 (2–3). P. 65–87.
51. *Kauffman G.B.* Victor Moritz Goldschmidt (1888–1947): A Tribute to the Founder of Modern Geochemistry on the Fiftieth Anniversary of His Death // *The Chemical Educator*. 1997. Vol. 2 (5) P. 1–26.
52. *Movsesyan H.S., Aroutounian R.M., Sahakyan L.V., Asmaryan Sh.G., Galstyan H.M., Bazikyan G.K., Martirosyan H.A., and Saghatelyan A.K.* Study of the cancer incidence in kids and juveniles in Yerevan in relation to air and soil pollution on their dwelling sites // *Biol. J. of Armenia*. 2013. Vol. 65 (3). P. 69–74.
53. *Ogunkunle C.O. and Fatoba P.O.* Pollution loads and the ecological risk assessment of soil heavy metals around a Mega Cement factory in southwest Nigeria // *Pol. J. Environ. Stud.* 2013. Vol. 22 (2). P. 487–493.
54. *Pepper I.L., Gerba C.P., and Brusseau M.L.* Environmental and Pollution Science // Elsevier. 2006. 532 p.
55. *Pipoyan D.* Assessing of Dietary Toxicity of Heavy Metals in Some Selected Vegetables and Fruits From Mining Areas of Armenia // XIX Workshop on the Developments in the Italian PhD Research on Food Science, Technology and Biotechnology (Bari, Italy, September 2014). P. 193–194.
56. *Qiu H.* Studies on the Potential ecological risk and homology correlation of heavy metals in the surface soil // *Journal of Agricultural Science*. 2010. Vol. 2(2). P. 194–201.
57. *Saghatelyan A., Sahakyan L., Belyaeva O., and Maghakyan N.* Studying atmospheric dust and heavy metals on urban sites through synchronous use of different methods // *Journal of Atmospheric Pollution*. 2014. Vol. 2 (1). P. 12–16.
58. *Saghatelyan A.K., Sahakyan L.V., Belyaeva O.A., Tepanosyan G.H., Maghakyan N.R., and Kafyan M.H.* Dust and Stream of Heavy Metals in the Atmosphere of the City of Yerevan // *Electronic Journal of Natural Sciences*. 2013. Vol. 1(20). P. 38–44.
59. *Saghatelyan A.K., Sahakyan L.V., Menchinskaya O.V., Zangiyeva T.D., Kajtukov M.Z., and Uzdenova Z.H.* Medical Geology in Russia and the NIS / O. Selinus, R.B. Finkelman, J.A. Centeno (Eds.). Medical Geology. A Regional Synthesis. Springer, Heidelberg, London, New York; 2010. P. 242–247.
60. *Sun Y., Zhou Q., Xie X., and Liu R.* Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical region of Shenyang, China // *Journal of Hazardous Materials*. 2010. Vol. 174 (1–2). P. 455–462.
61. US EPA. Ecological Risk Assessment. <http://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment>
62. US EPA. Human Health Risk Assessment. <http://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>
63. *Wang J., Liu W., Yang R., Zhang L., and Ma J.* Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine // *Disaster Advances*. 2013. Vol. 6 (S3). P. 366–377.
64. *Yuan G.L., Sun H.S., Han P., Li J., and Lang X.X.* Source identification and ecological risk assessment of heavy metals in topsoil using environmental geochemical mapping: Typical urban renewal area in Beijing, China // *Journal of Geochemical Exploration*. 2014. Vol. 136. P. 40–47.

Evolution of Ecologo-Geochemical Investigations in Armenia

**A.K. Saghatelyan, L.V. Sahakyan, O.A. Belyaeva,
G.O. Tepanosyan, and D.A. Pipoyan**

*Center for Ecological-Noosphere Studies, National Academy of Sciences, Yerevan, Republic of Armenia
e-mail: ecocentr@sci.am*

The article discusses the development of investigations on environmental geochemistry in Armenia: from creation of mono-elemental geochemical maps up to studying the problems of environmental pollution and the resulting risk to human health. The main stages of formation of geochemical studies, decisions of relevant applied problems on the basis of interdisciplinary research of territory, and the synthesizing role of geography are described.

Keywords: geochemistry, territory, element, biogeochemical provinces, geochemical mapping, city, mining centers, food chains, potential ecological risk, health risk.

doi:10.15356/0373-2444-2016-4-119-127