

Институт геофизики им. М. Нодия
(На правах рукописи)

Марине Салуквадзе

Исследование влияния метеорологических, антропогенных и терригенных факторов на химический состав атмосферных осадков Восточной Грузии

04.00.23 – Геофизика, физика атмосферы и гидросферы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Тбилиси
2006

Диссертационная работа выполнена в институте геофизики им. М. Нодия и в институте физической и органической химии им. П. Меликишвили

Научные руководители:

Доктор физико-математических наук
Анзор Гвелесиани

Кандидат технических наук

Омар Ломтадзе

Официальные оппоненты:

Джумбер Харчилава
Доктор физико-математических наук

наук
Гурам Маисурадзе
Доктор химических наук

Защита диссертации состоится в -----2006 года на заседании диссертационного совета (G 04.22.№2, специальность 04.00.23 – Геофизика, физика атмосферы и гидросферы) института геофизики им. М. Нодия

Адрес: Грузия, г. Тбилиси, 0193, ул. М. Алексидзе №1, Институт геофизики им. М. Нодия

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геофизики им. М. Нодия

Автореферат разослан -----2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических
наук

Церетели Н. С.

Актуальность темы: Изучение атмосферы и физических и химических свойств атмосферных осадков всегда стояло в центре внимания ученых, изучавших процессы, происходящие на Земле, поскольку почти вся практическая деятельность человека протекает на дне атмосферы Земли. С этой точки зрения значительную роль играет изучение химического состава атмосферных осадков. Такие исследования имеют как теоретические, так и практические значения, так как таким образом можно контролировать химию окружающей среды. По химическому составу осадков и аэрозолей можно судить о загрязненности атмосферы антропогенными, терригенными, биогенными и другими источниками. Химический состав атмосферных осадков, выраженный концентрациями химических элементов, которые входят в них, представляют собой одну из главных гидрохимических и геохимических констант.

Атмосферные осадки значительное место занимает в гидросфере Земли. Каждый год в атмосфере в обороте огромное количество пресной воды (в виде трех фаз), которое вместе вод рек, озёр, а также ледников представляет запасы пресной воды на земле. Поэтому контроль химического состава этих вод играет решающую роль для всех живых организмов, живущих на земле.

Изучение химического состава атмосферных осадков имеет большое значение и сточки зрения агрохимии, поскольку минеральные вещества, которые заносятся в почву осадками, большую роль играет в обеспечении растений солями. Нередко химический состав атмосферных осадков определяет геохимические процессы, протекающие в почве.

На химический состав атмосферных осадков значительное влияние оказывают различные атмосферные, терригенные и антропогенные факторы. Для химической характеристики атмосферных осадков региона необходимо изучение влияния вышеуказанных факторов на минерализацию, поскольку 50-80 % минералов и микроэлементов, входящих в состав осадков, попадают в них во время падения капли дождя через низкие слои атмосферы.

Цель работы. Целью работы является планомерное и систематическое изучение химического состава атмосферных осадков Кахетинского региона Восточной Грузии, с целью гидрохимической характеристики данного региона и изучения влияния различных метеорологических, терригенных и антропогенных факторов на минерализацию осадков..

Выбор региона обусловлен и тем, что в этой части Грузии длительное время проводились практические работы по искусственному воздействию на градовые процессы, с использованием в качестве активного реагента Йодида свинца. Упомянутый источник ионов свинца и йода относится к числу антропогенных источников и потому нужно было изучить влияние этого источника на химический состав осадков. Из-за высокой токсичности свинца для живых организмов, было необходимо контролировать концентрацию этого элемента и в других объектах этого региона – в почвах, поверхностных водах и сельскохозяйственных продуктах. Из-за того, что источником свинца в атмосферных осадках этого региона является не только продукты искусственного воздействия, необходимо было контролировать концентрацию и другого элемента реагента – йода, чтоб оценить генезис свинца, который находился в данном объекте.

Научная новизна. Впервые было проведено систематическое исследование химического состава атмосферных осадков Кахетинского региона Грузии в течении продолжительное время, в результате чего на статистически обеспеченном материале были изучены: характер распределения плотностей эмпирических вероятностей значений концентраций ионов химических элементов, входящих в осадки; статистические характеристики этих распределений (среднее, стандартное отклонение, мода, медиана, экстремальные значения, коэффициенты эксцесса и корреляции); сезонные и суточные изменения средних значений. Исследовано также зависимость средних значений концентраций ионов, входящих в атмосферные осадки на высоту взятия проб над уровнем моря. Изучено влияние некоторых метеорологических характеристик приземного слоя атмосферы (температура, относительная влажность, направление и скорость ветра) на химический состав атмосферных осадков, оценены соответствующие корреляционные связи. Впервые было исследовано влияние аэрозолей йодида свинца, используемых во время искусственного воздействия на облака, на содержание свинца и йода в атмосферных осадках, пищевых продуктах, почвах, подземных и поверхностных водах. Установлена связь между ионным составом атмосферных осадков и их кислотностью.

Практическая ценность. Результаты, проведенные нами химических исследований атмосферных осадков, аэрозолей и других природных объектов успешно могут быть использованы:

- гигиенистами в своих практических работах во время контроля загрязнения окружающей среды различными токсичными веществами;
- специалистами физики атмосферы при моделировании процессов, протекающих в атмосфере, для изучения генезиса и природы пространственного распределения центров конденсации;
- рассчитанные нами средние значения количеств минералов, попавшие в почву за год в месте с осадками, могут быть использованы специалистами сельского хозяйства при расчетах норм минеральных удобрений, вносимых в почву;
- установленная нами связь между кислотностью осадков и их ионным составом могут быть использована гигиенистами при прогнозе антропогенных загрязнении атмосферы.

Апробация: Результаты исследования в разное время были доложены на объединенных семинарах института физической и органической химии им П. Меликишвили и семинарах отдела физики атмосферы института геофизики им М. Нодия. Опубликованы 6 научных трудов в виде статей.

Краткое содержание работы

Диссертация является результатом экспериментальных исследований, проводимых в Институте Геофизики им. Микheil Нодия совместно с кафедрой аналитической химии Тбилисского Государственного Университета им. Иване Джавахишвили. Автор принимал участие в сборе проб осадков и их предварительном химическом анализе, а также в создании компьютерной базы данных. Научный анализ проведен автором вместе с руководителями.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения.

В Введении доказана актуальность выбранной научной темы, поставлены цель и задачи исследовательской работы.

В первой главе обобщено состояние вопроса исследования химического состава атмосферных осадков. Проанализированы основные литературные источники, которые касаются вопросов химических исследований атмосферных осадков, методов их химического анализа, взятия и хранения проб.

В этой же главе проанализированы труды геохимического и гидрохимического направления, где оценивается роль атмосферных осадков в формировании химического состава природных вод и обороте различных химических элементов в атмосфере.

В сильно загрязненной среде химический состав атмосферных осадков в значительной степени формируется вымыванием равномерно распределенных примесей, находящийся в подоблачном слое атмосферы. Механизм обогащения дождевой воды примесями, которые находятся в атмосфере, значительную роль играет в формировании химического состава осадков и в ряде случаев 50-80 % от общей минерализации таким путем попадает в дождевую воду. Количество, вымываемого дождевой водой за один год различных химических веществ из нижних слоев атмосферы, очень велико.

Анализ, рассмотренных нами литературных источников показал, что, несмотря на большой объем экспериментального материала, который проанализирован рассмотренных нами литературных источниках, в них много спорных и не совсем понятных заключений. Основными недостатками, рассмотренных нами работ, являются:

- Не системность при выборе места взятия проб осадков и времени продолжительности наблюдения, а также использование несовершенных методов взятия проб осадков, их хранения и химического анализа;
- Заключение некоторых авторов сделаны на статистически менее обеспеченном экспериментальном материале и поэтому маловероятны;
- В большинстве случаев сбор проб осадков носил эпизодический характер, а методика сбора имела недостатки.

По нашим представлениям необходимо было провести гидрохимическое исследование Кахетинского региона Грузии, поскольку, как указывают многочисленные научные исследования других авторов, на формирование химического состава атмосферных осадков, в месте с другими факторами, влияет еще и региональный фактор, тем более что в этом регионе Грузии систематическое и планомерное изучение химического состава атмосферных осадков еще не проводилось.

Вторая глава диссертации посвящается физико-географической и климатической характеристике исследуемого региона, а также описанию, используемых нами методов сбора проб, их хранения и химического анализа.

Сбор проб осадков нами проводились на расстоянии 2 м. от поверхности земли, вдали от деревьев и зданий не менее чем 20-30 м. с помощью воронки из органического стекла.

Взятие пробы проводилось с момента начала осадков до их прекращения на данном месте.

Основной химический анализ атмосферных осадков выполнялся на кафедре аналитической химии Тбилисского Государственного Университета под руководством профессора Г.Д. Супаташвили, за что автор выражает свою благодарность.

Чувствительность методов составляло 0,5 мкг/л, а относительная погрешность определения концентраций ионов не превосходило 5-10 %.

Сбор проб осадков проводился в семи местах региона, расположенных на разных высотах над уровнем моря. Из-за климатических особенностей региона исследования, почти всё количество проб осадков приходится на теплый сезон года (от начала апреля до конца октября). На остальные месяцы приходится немногим более 3-х процентов.

Всего собрано и проанализировано 572 проб атмосферных осадков.

В третьей главе изложено общая гидрохимическая характеристика осадков исследуемого региона. В частности вычислены статистические характеристики показателя

концентрации ионов водорода – рН, концентрации Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , P^{5+} , микроэлементов – Pb^{2+} , I^- , Cu^{2+} , и биогенных ионов NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , а также суммарной концентрации основных ионов. Для оценки значимости средних значений использовался t критерий Стюдента. Вычисления показали, что все средние значения значимы с вероятностью 95 %.

Кроме среднего, изучены также различные статистические характеристики упомянутых величин: мода, медиана, среднее квадратическое отклонение, экстремальные значения, дисперсия и параметры распределения плотностей эмпирических вероятностей – значения коэффициентов асимметрии и эксцесса.

Согласно проведенным нами анализа, атмосферные осадки кахетинского региона, относятся слабокислым, сульфатным или сульфатно-гидрокарбонатным водам группы кальция. По качеству атмосферные осадки исследуемого региона и по химическому составу характерно для континентальных регионов. Средняя величина суммы главных ионов в осадках - $\Sigma_{\text{и}}$ в зависимости от места взятия проб меняется в пределах от 8,6 мг/л до 21,6 мг/л. Несмотря на то, что значение $\Sigma_{\text{и}}$ меняется в широком диапазоне, в большинстве случаев оно не превышает 20 мг/л. Только в 2 % от общего числа проб имело сумму главных ионов больше 50 мг/л. Общее среднее значение $\Sigma_{\text{и}}$ для данного региона равняется 15,4 мг/л. Абсолютное минимальное значение $\Sigma_{\text{и}}$ было 1,21 мг/л (с. Руиспири), а максимальное – 94,82 мг/л. Следует отметить, что это значение суммарной минерализации согласно правиле Томпсона с большой вероятностью (0,95) можно отнести к ошибочному значению. Поэтому мы считаем, что $(\Sigma_{\text{и}})_{\text{макс.}} = 68,97$, которое было зафиксировано тоже в с. Руиспири, следует считать максимумом минерализации атмосферных осадков Восточной Грузии.

По нашим данным многолетняя средняя минерализация атмосферных осадков Восточной Грузии равняется 15,40 мг/л, а коэффициент вариации относительно среднего равняется 0,295.

На каждый квадратный километр площади восточной Грузии вместе с атмосферными осадками в почву за год попадают от 10 до 20 тон минеральных солей, которые играют важную роль в гео-, гидро- и агрохимических процессах, протекающих в ней.

Для вод, и особенно для атмосферных осадков, одним из главных гидрохимических характеристик является величина рН – показатель концентраций ионов водорода. Если судить по среднему значению рН (оно меняется по годам и по месту взятия проб между 5,86 и 6,80), атмосферные осадки данного региона восточной Грузии относятся к нейтральным – слабокислым водам, что характерно для незагрязненных атмосферных вод.

В третьей главе оценены коэффициенты взаимной линейной корреляции между концентрациями, рассматриваемых нами ионов.

Сумма главных ионов ($\Sigma_{\text{и}}$), как ожидалось, хорошо коррелируется с концентрациями SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , и Mg^{2+} ионов. Значение коэффициента колеблется между 0,6 и 0,91.

В атмосферных осадках коэффициент корреляции между суммой главных ионов и концентрацией ионов свинца низкий. Он равняется 0,14. Такая же слабая корреляционная связь между концентрацией ионов йода и $\Sigma_{\text{и}}$ – 0,18.

Ионный состав атмосферных осадков прямо или косвенно зависит от времени года. Анализ материалов многолетних и систематических наблюдений за химическим составом осадков, дал возможность установить характер зависимости концентрации ионов отдельных химических элементов от сезона. Для большинства химических компонентов максимум минерализации приходится на теплые месяцы, а зимние осадки минерализованы слабо. Показатель концентраций ионов водорода рН также зависит от сезона. По этому показателю зимние и осенние осадки Кахетинского региона Грузии практически приближаются к нейтральным водам, а весенние и летные – слабокислым водам. В первом случае осадки слабо минерализованы (в это время года в атмосфере наблюдается слабые конвективные движения, которые не могут обеспечить интенсивный перенос терригенных веществ верхние слои атмосферы, откуда аэрозоли могут попасть в облачные капли и в осадки) и средняя

величина $\Sigma_{\text{и}}$ равняется 9,13 мг/л. Поэтому такие воды относятся к нейтральным водам. В осадках теплых месяцев значительно возрастает содержание ионов SO_4^{2-} и NO_3^- , что обуславливает их слабокислый характер. Увеличению в атмосфере, а потом в осадки выше-названных ионов, способствуют характерные для этого времени года сильные восходящие потоки воздуха. Причиной слабой кислотности атмосферных вод данного региона является уменьшение растворимости атмосферного CO_2 в дождевой воде из-за увеличения температуры воздуха.

Химический состав атмосферных осадков имеет суточные вариации. Минерализация осадков, которые выпали днем, в среднем 1,28 раз выше, чем минерализация ночных осадков. Причиной этого является с одной стороны высокая конвективная активность, по причине которой атмосфера обогащается терригенными аэрозолям и, с другой стороны, высокая температура воздуха, из-за чего увеличивается интенсивность испарения дождевых капель и тем самым увеличивается их минерализация. Аналогичная ситуация наблюдается и в течении суток – из-за сравнительно низкой температуры в первой половине дня, по сравнению со второй половиной, утренние осадки менее минерализованы, чем осадки второй половины суток. Средняя минерализация утренних осадков равняется 12,98 мг/л, второй половины дня – 17,27 мг/л.

Значение минерализации атмосферных осадков вместе вышеупомянутыми факторами является функцией того интервала времени, который предшествовал моменту начала выпадения осадков. Для подтверждения этого соображения пробы брались фракционно и отдельно производились химический анализ первой и второй половины дождя. 13 случаев такого анализа показало, что средняя минерализация проб осадков, которые были собраны в первой половине дождя (23,15 мг/л) почти в 2-раза превосходит соответствующую величину для осадков второй половины дождя (12,92 мг/л). Отсюда можно заключить, что почти 80 % общей минерализации осадков попадает в них путем вымывания аэрозолей, которые находятся во взвешенном состоянии в подоблачном воздухе.

На минерализацию атмосферных осадков определенное влияние оказывает высота места взятия проб над уровнем моря. По нашим данным, чем толще слой атмосферы, который проходят капли дождя до попадания в приемнике осадков, тем больше они минерализованы. Чем выше место взятия проб над уровнем моря, тем меньше минерализована проба осадков. Причиной этого явления, с одной стороны, испарение воды с поверхности капли во время ее падения в слое атмосферы с положительной температурой, с другой стороны растворение в капле аэрозолей, находящихся в подоблачных слоях атмосферы. По нашим данным по мере увеличения высоты над уровнем моря от 300 м. до 1800 м. минерализация уменьшается примерно в 2 – 2,5 раза.

В третьей главе изложены также итоги изучения концентраций некоторых микроэлементов, входящих в состав атмосферных осадков Восточной Грузии. В частности, изучено концентрации ионов Бора, Фтора, Мышьяка, Брома, Железа, Никеля и Олова и оценена их связь с общей минерализацией.

Этот регион Грузии находится вдали от морей и больших промышленных центров, поэтому источником большинства микроэлементов является продукты терригенного происхождения. По этой причине значения коэффициентов корреляции между концентрацией суммы главных ионов и концентрациями ионов этих микроэлементов высоки.

В этой же главе изложены итоги исследования влияния искусственного воздействия на градовые процессы на содержание микроэлементов (Pb и I) в атмосферных осадках Восточной Грузии.

Установлено, что в результате воздействия на градовые и градоопасные облака меняется в осадках содержание свинца и йода. В осадках, пробы которых были взяты в дни без воздействия, содержания ионов свинца и йода равнялись 8,03 и 9,28 мкг/л соответственно. Осадки, собранные в дни с воздействием содержали 9,59 и 11,54 мкг/л свинца и йода соответственно. То что, увеличение концентрации этих ионов является

следствием воздействия, можно подтвердить тем, что в осадках параллельно определялось содержание иона меди (этот микроэлемент не содержит реагент воздействия). Анализ показал, что для обеих групп дней содержание иона этого металла в осадках практически не менялся. Это однозначно указывает на то, что увеличение концентрации ионов свинца и йода в дни с воздействием обусловлено воздействием на облака.

По нашим данным содержание ионов свинца в атмосферных осадках Восточной Грузии равно 9, мкг/л (экстремальные значения – 0,0 и 37,0 мкг/л), а йода – 12,1 мкг/л (экстремальные значения – 2,1 и 34,0 мкг/л). Если принимать во внимание, что предельно допустимая санитарная норма свинца в бытовой и хозяйственной воде равняется 50 мкг/л, можно утверждать, что в результате искусственного воздействия на облака концентрация иона свинца в осадках увеличивается по сравнению с фоновой, но ни средняя, ни одноразовая ее концентрация не превосходила допустимую санитарную норму.

Атмосферные осадки Восточной Грузии по среднему содержанию в них свинца не очень отличаются от осадков других регионов Грузии.

В четвертой главе исследовано влияние некоторых метеорологических и климатических факторов (температуры, относительной влажности, направления и скорости ветра в приземном слое атмосферы) на химический состав атмосферных осадков. Установлено, что рост температуры воздуха нижних слоев атмосферы вызывает рост минерализации осадков, а рост относительной влажности – ее уменьшение. Характер зависимости минерализации осадков от температуры и относительной влажности, в основном, определяется характером зависимости концентраций ионов HCO_3^- , Ca^{2+} и SO_4^{2-} в осадках на те же аргументы. Это можно объяснить тем, что весомой вклад упомянутых ионов в общей минерализации значителен. Аналогичная зависимость прослеживается и для концентраций ионов других химических компонентов и суммы главных ионов (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , $\Sigma_{\text{и}}$). Анализ этих зависимостей показал, что только в первом приближении можно считать их линейным. Для этих зависимостей составлены уравнений регрессии (в виде полинома n-го порядка) и определены постоянные коэффициенты, а так же показатель надежности аппроксимации – R^2 .

Из-за нелинейности зависимостей между рассматриваемыми нами величинами, сочли необходимым вычислять не коэффициент линейной корреляции, а значение т.н. корреляционного соотношения - η . Как показали вычисления все значения η находится в пределах 0,6 и 0,9. Исключения представляет только зависимость концентрации ионов натрия от влажности и хлора от температуры и влажности.

В этой же главе изложены результаты исследования влияния скорости и направления приземного ветра на содержание химического состава атмосферных осадков. Из-за географических особенностей исследуемого региона северный ветер не наблюдается. 27 % от общего числа проб осадков взято во время западного, а 18 % - во время восточного ветра. В остальных случаях (55 %) ветер или не наблюдался, или его скорость не превосходила 1 м/сек. Скорость ветра чаще всего равнялся 1÷3 м/сек. Максимальная зафиксированная скорость ветра, когда была взята проба, равнялось 9 м/сек. Максимальная минерализация осадков наблюдался, когда ветер отсутствовал или его скорость не превосходила 1 м/сек.

Зависимость минерализации от скорости ветра носит нелинейный характер и аппроксимируется кривой 4-го порядка, для которой вычислены постоянные коэффициенты и показатель надежности аппроксимации. Из-за нелинейности зависимости было вычислено значение корреляционного соотношения - η .

Анализ значений η показал, что только в случае Ca^{2+} , HCO_3^- , и $\Sigma_{\text{и}}$ значение η незначительно превышает 0,5, в остальных случаях его значение колеблется в пределах 0,3 – 0,4. Для η были вычислены величины стандартной погрешности, малые значения которых (оно было в пределах 0,027 – 0,043) указывает на то, что вычисленные нами значения η можно считать достоверными. Это позволяет нам утверждать, что в формировании химического состава атмосферных осадков Восточной Грузии такие скорости ветра, которые наблюдались в нашем случае, может играть незначительную роль. Выявленная же нами

зависимость может, является следствием другого фактора, от которого зависит, как минерализация осадков, так и скорость приземного ветра. Таким фактором может быть скорость ветра в средних слоях атмосферы.

Был исследован так же и характер влияния направления приземного ветра на минерализацию атмосферных осадков Восточной Грузии. Анализ результатов исследования показал, что для ионов HCO_3^- и SO_4^{2-} , на которых выпадает значительная доля в общей минерализации, во время юго-западного и западного ветров наблюдается рост общей минерализации. По нашему мнению такой рост минерализации объясняется тем, что исследуемому региону с этих сторон примыкают Кахетинский и Цив-Гомборский хребты, которые способствуют обогащению осадков названными ионами.

В пятой главе проведена оценка между количеством йодида свинца, внесенного в облака во время воздействия и концентрациями ионов свинца и йода в атмосферных осадках. Эта связь линейна и характеризуется довольно высоким значением коэффициента корреляции ($r_{\text{кор.}}=0,89$).

Также линейна зависимость между количеством PbI_2 и ионов йода. Коэффициент корреляции ровняется 0,95. Это можно было ожидать – в исследуемом регионе кроме активного воздействия других источников йода почти не существует.

Найдена зависимость концентраций ионов свинца и йода, выпавших из облаков, подвергнутых воздействию от времени, которое прошло от начала воздействия.

В начале воздействия содержание ионов свинца и йода приблизительно такое же, как в дни с воздействием. В пробах, которые взяты после 15 минут после начала воздействия, концентрации ионов свинца и йода максимальны и по сравнению с фоновыми значениями увеличены 2,5 раза. С увеличением времени от начала воздействия, концентрация ионов свинца и йода быстро падает и примерно через час приближаются к фоновым значениям, характерных для осадков из облаков, подвергнутых искусственному воздействию.

В шестой главе представлены результаты исследования возможного влияния искусственного воздействия на градовые процессы на содержании ионов свинца и йода в почвах, поверхностных водах и пищевых продуктах Кахетинского региона Восточной Грузии.

Анализ результатов химического исследования на содержание ионов свинца в зерновых культурах исследуемого региона показал, что концентрация ионов свинца меняется от следа до 2,0 мкг/г, а в среднем ровняется 0,4 мкг/г. Аналогичное содержание свинца характерно и для зерновых культур западной Грузии. Таким образом зерновые культуры по содержанию свинца не отличаются от зерновых культур других регионов Грузии и в них концентрация свинца не превышает допустимую норму.

В винах Восточной, как и в целом всей Грузии, концентрация свинца низкая (в среднем – 3,6 мкг/л, экстремумы – 0,0 и 11,5 мкг/л). Причиной низкого содержания ионов свинца в винах Грузии может быть как низкое содержание ионов свинца в винограде, так и способность свинца сорбироваться на органоминеральные ультрадисперсные частицы суслу.

Равное содержание свинца в пищевых продуктах растительного происхождения Восточной и остальной части Грузии является логичным. Концентрации технического свинца, которые попадают в почву региона каждый год в результате воздействия, представляет только 0,01 – 0,02 % от содержания свинца в 10 см слое почвы. Поэтому почвы Кахетии по содержанию свинца не отличаются от почв других регионов Грузии. Содержание в них свинца ровняется 19 мг/кг (количество проб 47), что является ниже допустимой нормы.

Основные итоги работы.

1. По химическому составу осадки Восточной Грузии относятся к сульфатным или сульфатно-гидрокарбонатным слабокислым водам, группы кальция. Качественно, атмосферные осадки исследуемого региона по химическому составу характерны для континентальных районов. Многолетнее среднее значение суммарного количества

основных ионов - $\Sigma_{\text{и}}$ ровняется 15,4 мг/л и в зависимости от места взятия проб осадков, времени суток и сезона года меняется в пределах от 8,6 мг/л до 21,6 мг/л.

2. По показателю концентрации ионов водорода – рН (его многолетнее среднее значение ровняется 6,31, и меняется в пределах 5,86 – 6,80 в зависимости от сезона года, времени суток, температуры и относительной влажности воздуха) атмосферные осадки исследуемого региона Восточной Грузии относятся к нейтрально-слабокислым водам, это характерно для незагрязненных атмосферных вод.
3. Установлен характер суточного и сезонного изменения минерализации атмосферных осадков, составлены соответствующие уравнения кривых аппроксимации в виде полинома n-ого порядка, вычислены постоянные коэффициенты и показатели надежности аппроксимации. Показано, что средняя минерализация суммы главных ионов осадков холодного времени года (9,13 мг/л), почти вдвое ниже, чем для осадков теплого времени (18,0 мг/л). В осадках теплого периода заметно увеличена концентрация ионов HCO_3^- , SO_4^{2-} и NO_3^- . Более минерализованы дневные осадки, чем ночные.
4. Вычислены линейные коэффициенты корреляции между концентрациями химических элементов и общей минерализацией. Сумма главных ионов ($\Sigma_{\text{и}}$) хорошо коррелируется с концентрациями SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , и Mg^{2+} ионов. Значение коэффициента колеблется между 0,6 и 0,91.
5. Изучено влияние высоты взятия проб осадков над уровнем моря на их минерализацию и установлено, что при увеличении высоты взятия проб осадков с 300 до 1800 метров, минерализация уменьшается в 2-2,5 раза.
6. В атмосферных осадках Восточной Грузии сумма концентрации биогенных компонентов, особенно форм неорганического азота, составляет 10 – 12 % от общей минерализации. В осадках гидрохимический режим веществ этого класса не отличается от гидрохимического режима главных ионов.
7. Изучено влияние относительной влажности и температуры приземного слоя атмосферы на минерализацию осадков и установлено, что рост температуры вызывает рост минерализации, а рост влажности ее уменьшение.
8. Исследовано влияние скорости и направления приземного ветра на минерализацию осадков. Осадки максимально минерализованы, когда их брали при слабом ветре (скорость меньше 1 м/сек) или при отсутствии ветра. Количественная оценка этой зависимости показала, что значение корреляционного отношения (η) для ионов Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} и суммарной минерализации ровняется 0,62, 0,60, 0,50 и 0,60 соответственно. От направления ветра зависит состав минералов, входящих в осадки. Когда поток воздуха имеет южное, западное или северо-западное направление в осадках увеличивается содержание таких минералов, которыми богаты горные породы Кахетинского, Цив-Гомборского и южные склоны Кавказского хребтов.
9. Изучено влияние на минерализацию величины интервала времени без осадков, предшествующего взятию проб. Показано, что осадки, которым предшествовал 24-48 часовой временной интервал без осадков, более минерализованы, чем осадки взяты непосредственно после одного процесса осадков.
10. На один км² территории Восточной Грузии в течение года с атмосферными осадками в почву попадает от 10 до 20 тон химических веществ, из них 2,5 тон приходится на биогенные вещества.
11. В результате искусственного воздействия на конвективные облака с использованием аэрозоля йодида свинца концентрации ионов свинца и йода в атмосферных осадках увеличивается по сравнению с фоновым их значением. Упомянутое увеличение находится в прямо пропорциональной зависимости с количеством йодида свинца, диспергируемого в облака. Несмотря на это ни одноразовое, ни среднее значение концентрации свинца, как одного из токсичного вещества, в атмосферных осадках не превышает установленных санитарных норм для питьевых вод.

12. Содержание ионов свинца и йода в 10 см. поверхностном слое почв Восточной Грузии, если место взятия проб почвы находится более чем на 30 – 50 метров от автомагистрали, не отличается от общего фоновое значения для других регионов Грузии. Загрязнение свинцом увеличено в поверхностном слое почв, которые удалены от автомагистралей не более чем 30 метров и этим показателем не отличается от других регионов Грузии. Следует считать, что увеличение концентрации свинца в этих объектах не связано с активным воздействием на облака.
13. Изучено влияние искусственного воздействия на содержание свинца и йода в поверхностных водах Восточной Грузии. Установлено, что в указанных объектах величины концентраций ионов свинца и йода практически не отличаются от концентрации этих ионов в осадках других регионов Грузии.
14. По нашим данным концентрация свинца в зерновых культурах Кахетии меняется от следа до 2,0 мкг/г и в среднем равняется 0,4 мкг/г. По содержанию свинца зерновые культуры Восточной Грузии не отличаются от зерновых культур остальной части Грузии и концентрация свинца не превосходит допустимую норму.
15. В винах Восточной Грузии концентрация свинца низкая (в среднем – 3,6 мкг/л, экстремумы – 0,0 и 11,5 мкг/л) и от вин остальной части Грузии по этому показателю не отличаются.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих статьях:

1. Lamara Abesalashvili, Guram Supatashvili, Tamaz Salukvadze, Marina Salukvadze. - Hydrochemical characteristic of atmospheric precipitation in the Alazani Valley. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN 1512-1127, Issue (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. `Geoprint~ Publishing House, Tbilisi, 2001. vol. 5B, 2000. pp.56 – 61.
2. სალუქვაძე თ., ხელაია ე., აბესალაშვილი ლ.სალუქვაძე მ., ხელაია ნ. მთაგორიანი რეგიონის ერთუჯრედიანი კონვექციური ღრუბლის ექსპერი-მენტული რადიოლოკაციური მოდელი. დეპონირებულია საქართველოს სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (ტექინფორმი) №1233. 18.04. 2003. 8 გვ.
3. Л.Ш.Абесалашвили, Т.Г.Салуквадзе - Институт геофизики им. М. Нодия, М.Т. Салуквадзе – Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили. Изменение концентраций главных ионов в атмосферных осадках Восточной Грузии в зависимости от интервала времени без осадков, предшествующего взятию проб. Труды Института геофизики им. М. Нодия, ISSN 1512 - 1135. Тбилиси 2004, т. LVIII, с. 142 – 145.
4. М.Т. Салуквадзе – Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили, Т.Г.Салуквадзе - Институт геофизики им. М. Нодия. Химический состав атмосферных осадков из облаков различных синоптических ситуаций, подвергнутых и не подвергнутых искусственному воздействию. Труды Института геофизики им. М. Нодия, ISSN 1512 - 1135. Тбилиси 2004, т. LVIII, с. 146 – 150.
5. მ. სალუქვაძე, თ.სალუქვაძე, ლ. აბესალაშვილი. შიდამასიური განვითარების ერთუჯრედიანი ღრუბლებიდან მოსულ ნალექებში და მიწისპირა აეროზოლებში ტყვიის, იოდისა და სპილენძის იონების შემცველობის დამოკიდებულება ამ ღრუბლებში შეტანილი ტყვიის იოდის რაოდენობაზე. დეპონირებულია ტექინფორმში, №1253, 2006.
6. მ. სალუქვაძე, თ.სალუქვაძე ატმოსფერულ ნალექებში ტყვიისა და იოდის კონცენტრაციების დამოკიდებულება გროვა საწვიმარ ღრუბლებზე ზემოქმედების დაწყების მომენტიდან გასულ დროზე. დეპონირებულია ტექინფორმში, №1254, 2006.
7. Салуквадзе М. Т., А., Ломтадзе О.Г. Абесалашвили Л. Ш., Салуквадзе Т. Г. Зависимость концентраций различных химических микро-элементов в атмосферных осадках Кахетин-

ского региона Грузии от величины общей минерализации. Депонировано в техинформе, №1255, 2006.