

УДК 504.064

О СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ

Г.С. Гуния, З.С. Сванидзе

Институт гидрометеорологии
Грузинского технического
университета

Работа посвящена научным и практическим вопросам экологического мониторинга загрязнения природной среды микропримесями металлов. Приводятся методы наблюдения и оценки загрязнения природных сред металлическими примесями, которые позволяют выполнить оценку негативных экологических последствий антропогенных воздействий на окружающую среду, в том числе и путем строительства водохранилищ гидроэлектрических станций и активных воздействий на метеорологические процессы. Приводятся данные расчетов количеств металлических примесей в атмосфере (Cd, Zn, Cu, Pb), вымытых осадками на подстилающую поверхность земли и сведения о содержании указанных примесей в атмосферных осадках (дожде и снеге), а также фруктах и овощах различных районов Кахети (Грузия). Результаты исследований свидетельствуют о том, что экологическое состояние природных сред в рассматриваемом регионе должно вызывать озабоченность специалистов, и дают основание говорить о необходимости проведения систематического экологического мониторинга его природных сред.

Ключевые слова: экологический мониторинг, металлические примеси, атмосферные осадки, аграрные продукты.

ВВЕДЕНИЕ

Среди многообразных последствий воздействия современного общества на природную среду, наряду с изменением климата, следует выделить и изменение состава и количества ее абиотических микропримесей, влияющих на разнообразие, форму и распределение живых организмов в пределах определенного ареала и создающих проблему для производства экологически чистых аграрных продуктов. Вышеуказанное обусловлено тем, что различные металлические элементы активно участвуют в биохимических процессах и их де-

ON MODERN PROBLEMS OF ECOLOGICAL MONITORING OF ENVIRONMENT POLLUTION BY METALLIC IMPURITIES

G.S. GUNIA, Z.S. SVANIDZE

The work is devoted to scientific and practical issues of ecological monitoring of environmental pollution by metallic micro-impurities. It provides methods for observing and assessing the pollution of natural environments with metallic impurities, which allow estimating negative ecological consequences of anthropogenic impacts on the environment, including through active impacts on meteorological processes. Data on the calculation of the amounts of metallic impurities in the atmosphere (Cd, Zn, Cu, Pb) washed by sediments on the underlying surface of the earth and information on the content of these impurities in precipitation (rain and snow), as well as fruits and vegetables in various regions of Kakheti, Georgia, are given.

The results of the research indicate that the ecological state of the biosphere in the region under consideration should cause concern to specialists and give reason to talk about the need for systematic ecological monitoring of its natural environments.

KEYWORDS: ecological monitoring, metal impurities, atmospheric precipitation, agrarian products.

фицит или избыток одинаково отрицательно влияют на природную среду, и для ее нормального функционирования необходимо соблюдение определенного баланса между микроэлементами и биоминералами. Выявление нарушения этого баланса достаточно затруднительно без осуществления специального мониторинга, позволяющего получить достоверную информацию о составе и концентрациях загрязняющих природную среду примесей с целью выявления причин их изменений, разработки прогнозов и превентивных мер.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В соответствии с климатическими ресурсами, растительность Грузии богата, разнообразна и самобытна. Здесь произрастает около 4200 видов высших споровых и цветковых растений, различных по своей экологии и жизненным формам, со множеством эндемиков и реликтов, в том числе древне-третичных. Широким диапазоном сообществ представлен и растительный покров Грузии. На низинах он простирается от сухих полупустынь до влажно-субтропических лесов и от степей до высокогорных лугов и субнивальной растительности в горах.

Вместе с этим, результаты ряда исследований показывают, что примитивно-потребительское отношение к природной среде привело биосферу региона к чрезвычайно опасной границе, за которой ее дальнейшее развитие может быть достигнуто только путем разумных действий [3, 4].

В качестве иллюстрации указанного может служить один из районов Грузии – Кахети, где, начиная с XVIII века, вследствие вырубки лесов, а с начала XX века – негативного воздействия техногенных отходов на природную среду, наблюдаются резкие изменения ландшафта местности, которые привели к формированию районов с характеристиками процессов опустынивания. Как считал академик Ф.Ф. Давитая [3], эти воздействия вызвали активизацию ряда опасных метеорологических явлений, в том числе, града и засухи, приносящих значительный материальный ущерб аграрному сектору данного региона.

Во многих странах реализуются различные проекты, в которых основные экологические проблемы исследуются как в глобальном, так и региональном масштабах [1]. В этих проектах даются оценки некоторым существенным стратегиям реагирования на приоритетные экологические проблемы. К таковым следует отнести вредное влияние на здоровье населения, оказываемое загрязнением окружающей среды токсичными металлами. Эти загрязнители мигрируют с поверхностными и грунтовыми водами, переносятся ветровыми потоками из промышленных районов и, в конце концов оседая на землю, накапливаются в почве, откуда они попадают в сельскохозяйственные продукты и организм человека, инициируя ряд заболеваний.

Подобная экологическая проблема весьма ярко проявляется в горных регионах, которые характеризуются значительной чувствительностью к загрязнению природных сред, что, наряду со скудностью аграрных угодий и близостью к ним промышленных предприятий, порождает опасность загрязнения выращиваемой здесь сельскохозяйственной продукции, которой снабжается местное население и региональный городской рынок.

Это можно проиллюстрировать результатами исследования состава донных наносов, накопленных в

Г. С. ГУНИЯ, Э. С. СВАНИДЗЕ
К СОВРЕМЕННЫМ ПРОБЛЕМАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ

искусственных водохранилищах. Как показали исследования [2], эти наносы содержат значительные количества черных, цветных, редких и благородных металлов, источниками которых являются: продукты ветровой эрозии почв, размываемые реками, горные породы месторождений и рудопоявлений, а также промышленные отходы, переносимые воздушными потоками на большие расстояния [5].

Примеси указанных металлов обнаруживаются в пойменных и террасовых отложениях рек, где на аллювиальных почвах располагаются пастбища и выращиваются сельскохозяйственные культуры.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Используя атомно-абсорбционный метод анализа, нами было установлено, что в пробах твердых наносов ряда водохранилищ Грузии содержатся значительные количества металлических примесей, в том числе: никеля, хрома, молибдена, золота, платины, палладия, кобальта, ванадия, титана, таллия и циркония. При этом, результаты анализа показывают, что высокими значениями характеризуется, в первую очередь, титан, величина которого, в ряде случаев, колебалась в пределах 1,2–5,6 г/кг. Достаточно высоки также содержания хрома и ванадия, которые составляют 0,1–0,5 и 0,23 г/кг, соответственно. Отмечаются также, и высокие содержания железа. Исследования содержания ряда микропримесей в донных наносах водохранилища Ингурского ГЭС показывают, что концентрации примесей Zn, Pb, Co, Li и Cd составляют 78,8; 11,3; 20,3; 112,9 и 10,0 мг/кг, соответственно.

Со временем дно водохранилищ покрывается твердыми наносами, в которых, кроме металлических примесей, аккумулируются биогенные, радиоактивные и другие, с большим периодом жизни, токсичные химикаты. В результате этого водохранилища по прошествии, приблизительно, 50 лет как энергетические объекты теряют свою практическую ценность. При этом, продукты аккумуляции делают проблемной возможность дальнейшего использования территории, занятой водохранилищами, после их ликвидации.

В горных странах данный процесс значительно ускорен, «хорошим» примером чего могут служить ряд водохранилищ Грузии, построенных в середине прошлого века.

В Грузии строительство гидроэлектростанций является основой для решения проблем, связанных с комплексным использованием водных ресурсов. Наличие практически малоиспользованных гидроэнергетических ресурсов, в тоже время преимущества гидроэлектростанций делают экономически выгодным и энергетически целесообразным их строительство в нашей стране. Однако, как видно, в регионах с ограниченными площадями земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, строительство водохранилищ связано с рядом негативных

последствий экологического характера, влияющих практически на все компоненты: литосферу, гидросферу, атмосферу и биосферу, образующие природную среду прилегающих территорий. Поэтому при планировании строительства искусственного водохранилища в горных условиях необходимо уделять особое внимание разработке и осуществлению мероприятий по предотвращению, ослаблению или компенсации негативных экологических последствий, влияющих, в частности, на процессы опустынивания и производство экологически чистых аграрных продуктов.

Наряду с вышеуказанными, проблема производства экологически чистых аграрных продуктов в Грузии связана с активными воздействиями на метеорологические процессы, в том числе, обуславливающие градовые явления в Кахети, основном виноградарском регионе Грузии, где из местных уникальных сортов винограда производят всемирно известные сорта вин.

При реализации технологий активных воздействий на облака происходит загрязнение природной среды, в том числе: загрязнение атмосферного воздуха, поверхности почв и вод водохранилищ продуктами сгорания пиротехнического состава реагентов, изготовленных на основе тяжелых металлов: свинца и серебра.

Таким образом, в проблеме производства экологически чистых аграрных продуктов, наряду с другими, актуальное значение приобретает и вопрос мониторинга результатов загрязнения природных сред районов интенсивных воздействий на метеорологические процессы. При этом, в процессе выполнения вышеуказанного мониторинга необходимо предусмотреть основные направления ветров, обуславливающих перенос воздушных потоков, содержащих вредные примеси.

На рис. 1 дана схема распределения повторяемости ветров различных направлений, построенная на основе многолетних метеорологических наблюдений, выполненных на метеостанции г. Телави, являющемся не только региональным административным и культурным центром Кахети, но и центром всего грузинского виноделия.

На приведенной схеме треугольниками отмечены рекомендуемые расположения пунктов экологического мониторинга природных сред, выбранные по направлениям ветров господствующего (ЮЗ – 22%) и с наименьшей частотой повторяемости (С – 4%).

Указанный подход, благодаря возможности сопоставления результатов мониторинга природных сред районов расположенных вдоль основного переноса вредных примесей и наименьшего воздействия транзитных примесей на экосистему, позволяет провести оценку негативных экологических последствий антропогенных воздействий на окружающую среду, в том числе, активных воздействий на метеорологические процессы.

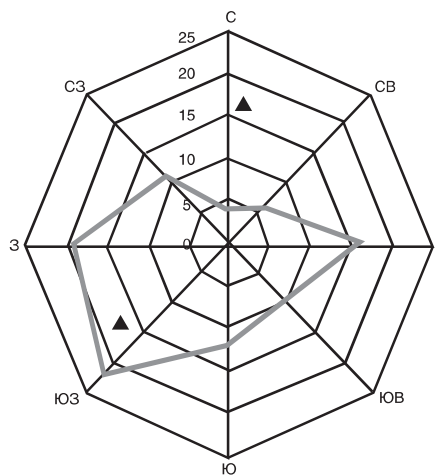


Рис. 1.

Схема распределения повторяемости направлений ветров (роза ветров) в % и пунктов экологического мониторинга, —▲.

В табл. 1 и 2 приводятся результаты исследований содержания микропримесей Cd, Zn, Cu и Pb в пробах атмосферных осадков, выпавших в Кахети в районах городов Гурджаани и Сагареджо в различные сезоны года, и расчетные данные их количеств, вымытых на подстилающую поверхность земли в процессах выпадений дождя и снега.

Как видно из табл. 1, в исследуемом регионе величины концентраций рассматриваемых примесей значительно различаются в зависимости от вида осадков. В дождевой воде их концентрации, приблизительно, на 1–2 порядка выше, чем в пробах снега, что свидетельствует о высокой роли дождевых осадков в процессах самоочищения атмосферы.

Следует заметить, что стандартные показатели качества природных сред, введенные Всемирной организацией здравоохранения, главным образом, из гигиенических соображений, выражаются в виде отношений весового количества примесей к единицам объема или веса исследуемой среды: атмосферного воздуха в мг/м³, осадков и вод в мг/л, проб почвы в мг/кг.

ТАБЛИЦА 1.

Концентрации микропримесей в пробах атмосферных осадков различных районов Кахети

Пункты	Виды осадков	Микроэлементы, мг/л			
		Cd	Zn	Cu	Pb
Гурджаани	дождь	0,61	0,75	0,70	0,94
	снег	0,08	0,05	0,02	0,04
Сагареджо	дождь	0,31	0,75	0,75	0,47
	снег	0,002	0,004	0,03	0,05

Однако, часто требуются сведения о техногенной нагрузке природной среды, полученной в результате вымывания атмосферных примесей на подстилающую поверхность. Такие данные необходимы, главным образом, для оценок воздействия, оказываемого техногенными отходами на окружающую среду аграрных районов в результате крупномасштабных переносов воздушными потоками загрязняющих веществ с промышленных районов, а также негативных последствий трансграничных переносов вредных атмосферных примесей, в том числе и радиоактивных. В таких случаях для получения нужной информации следует выполнить трудоемкий специальный мониторинг, связанный с отбором проб атмосферных выпадений и процедурой их дальнейшей обработки. Однако, часто такие данные отсутствуют, так как их получение не входит в программу мониторинга окружающей среды многих стран, что становится препятствием для решения ряда экологических задач.

С целью преодоления отмеченных трудностей, в работе [1] предложена формула – при помощи учета значений годовых сумм атмосферных осадков, выпадающих на исследуемой территории, устанавливающая связь между среднегодовыми значениями концентраций примесей в осадках и их годовыми количествами, приходящими на единицу площади подстилающей поверхности.

Указанная формула имеет следующий вид:

$$M = qH \text{ кг/км}^2 \text{ год}, \quad (1)$$

где M , $\text{кг/км}^2 \text{ год}$ – годовое количество примеси, приходящей на единицу площади подстилающей поверхности, q , мг/л – среднегодовое значение концентрации примеси в пробах осадков, H , мм – годовая сумма атмосферных осадков. Используя данные табл. 1 и сведения о выпадениях осадков на территории Грузии из Метеорологического справочника, в табл. 2 приводятся количества микропримесей, вымываемых на подстилающую поверхность земли в районе Кахети, полученные расчетным путем при помощи формулы (1).

Как следует из табл. 2, на подстилающую поверхность в районах территории Кахети из атмосферы выпадает значительное количество микропримесей. Мокрыми осадками в среднем вымываются: – Cd – около 370, Zn – 600, Cu – около 580, Pb – более 560 $\text{кг/км}^2 \text{ год}$; снегом – в среднем: Cd – более 30, Zn – 22,0, Cu – 30, Pb – около 40 $\text{кг/км}^2 \text{ год}$.

Полученные результаты свидетельствуют о преобладающей роли мокрых осадков в процессах самоочищения атмосферы. Как видно, основная масса техногенных примесей, пришедших на подстилающую поверхность, являются продуктами их вымывания из атмосферы, главным образом, дождевыми осадками. Вместе с этим, не малая доля примесей атмосферы оседает на подстилающую поверхность и в результате

Г. С. ГУНИЯ, З. С. СВАНИДЗЕ
К СОВРЕМЕННЫМ ПРОБЛЕМАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ

ТАБЛИЦА 2.

Количество микропримесей, вымываемых на подстилающую поверхность в различных районах Кахети

Пункты	Виды осадков	Микроэлементы, $\text{кг/км}^2 \text{ в год}$			
		Cd	Zn	Cu	Pb
Гурджаани	дождь	488	600	560	752
	снег	64	40	16	32
Сагареджо	дождь	248	600	600	376
	снег	2,0	3,0	24	40

сухих выпадений под действием гравитационных сил.

В связи с этим, исследования содержания металлических примесей в аграрных продуктах вызывают большой практический и научный интерес. С целью изучения данного вопроса, были исследованы содержания примесей тяжелых металлов в фруктах и овощах различных районов Грузии.

В табл. 3 приводятся некоторые результаты этих исследований, выполненных для аграрных продуктов из пригородных районов г. Гурджаани.

Если учесть санитарно-гигиенические требования к содержаниям данных элементов в продуктах питания, ограничивающих их количества величинами: Cd – 0,03; Zn – 10, 0; Cu – 5,0 и Pb – 0,4–0,5 мг/кг , то полученные результаты не должны вызывать особую озабоченность, хотя и не располагают к большому оптимизму. Кадмий и свинец относятся к токсичным элементам высокого риска, и даже относительно незначительные концентрации этих веществ могут иметь сильное токсическое влияние на здоровье человека. В то время, как цинк и медь являются элементами низкого риска, и для проявления их токсичности необходима аккумуляция в организме большого количества этих элементов.

ТАБЛИЦА 3.

Содержание примесей тяжелых металлов в овощах и фруктах из районов г. Гурджаани

Продукты	Микропримеси, мг/кг			
	Cd	Zn	Cu	Pb
Виноград	0,001	13,3	13,8	0,45
Яблоко	–	12,8	4,5	0,30
Груша	–	12,3	3,9	0,25
Помидор	–	12,2	8,8	0,52
Баклажан	0,008	12,3	7,2	0,49
Капуста	–	12,1	8,9	–

ВЫВОДЫ

Из вышеизложенного следует, что в системе природных сред: атмосфера – почвенный покров, поверхностные воды, атмосфере принадлежит приоритетная роль в процессе переноса примесей антропогенного происхождения.

Таким образом, можно констатировать, что металлические примеси атмосферы являются одним из самых серьезных загрязнителей аграрных угодий исследуемого региона, создавая предпосылки для образования ряда негативных эффектов. Их избыточное содержание опасно не только своим наличием в почвенном составе, но и тем, что они способны мигрировать, изменяться и проникать в растения, аграрные продукты и организм человека, куда они поступают, в основном, пероральным путем с питьевой водой и продуктами питания, инициируя ряд заболеваний.

Исходя из изложенного, становится очевидным, что существует необходимость в осуществлении специального мониторинга для получения детальной и объективной информации об экологическом состоянии природных сред данной территории, которая позволит своевременно разработать превентивные меры, способствующие рациональному использованию ее природных ресурсов и обеспечивающие их воспроизводство.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гуния Г.С.** Метеорологические аспекты экологического мониторинга атмосферы. Тб.: Институт Гидрометеорологии АН Грузии, 2005. 265 с.
2. **Гуния Г.С., Сванидзе З.С.** К вопросам оценки особенностей влияния гидроэлектрических сооружений горных регионов на экологическое состояние прилегающих территорий. Труды Международной конференции «Основные парадигмы развития технологий и науки 21-го века». Грузинский технический университет. Тб.: ГТУ, 2012. Т. 1. С. 42–47.
3. **Давитая Ф.Ф., Таварткиладзе К.А.** Проблема борьбы с градобитием, морозами в субтропиках и некоторыми другими стихийными процессами. Тб.: «Мецниереба», 1982. 123 с.
4. **Сванидзе З.С., Гуния Г.С., Сванидзе Л.С.** Результаты мониторинга экологического состояния природных сред ряда горнодобывающих районов Грузии // Горный Журнал. 2015. № 1(34). С. 96–100.
5. **GUNIA G.S., SHAVLIASHVILI L.U., MONASELIDZE D.R.** Problems of the transfer of industrial waste Over distances. In: Proceedings of the WMO Conference on Air Pollution Modelling and its application. Leningrad, USSR, 19–24 May 1986. WMO/TD, 1988. N 187. V. III. P. 165–170.

Гуния Гарри Сергеевич,

д.г.н., к.ф.-м.н., профессор факультета химических технологий и металлургии Грузинского технического университета, главный научный сотрудник отдела мониторинга и прогноза загрязнения природной среды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета

✉ Грузия, г. Тбилиси, ул. Костава, д. 77,
e-mail: garrygunia@yahoo.com

Сванидзе Зизи Самуиловна,

д.т.н., профессор факультета химических технологий и металлургии Грузинского технического университета

✉ Грузия, г. Тбилиси, ул. Костава, д. 77,
e-mail: zizisvanidze@yahoo.com