

# АТМОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ (ОСАДКИ, СУХИЕ) КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Г. А. ТОЛКАЧЕВА, Ю. И. КОВАЛЕВСКАЯ, Л. Ю. ШАРДАКОВА,  
Л. А. АКСЕНОВА, В. С. ГОРЯЕВА, Л. В. УСМАНОВА

*Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,*

*Ташкент, Узбекистан*

e-mail: nigmi@albatros.uz

Some quantitative characteristics of dry fallouts and precipitation are recommended as environmental indicators for the assessment of air quality: flow density at underlying surface, mineralization and pH of point samples of precipitation.

В 1999 г., после одобрения правительством Республики Узбекистан Национального плана действий в области охраны окружающей среды, принято постановление Кабинета министров № 469 от 20.10.1999 г. “О Программе действий по охране окружающей среды в Республике Узбекистан на 1999–2005 гг.”, в котором поставлена задача разработки системы мониторинга окружающей среды. Одним из элементов этой системы является разработка экологических индикаторов качества окружающей среды для Республики Узбекистан.

Экологический индикатор — это параметр, дающий представление о наиболее значимых событиях и процессах, протекающих в окружающей среде, позволяющий почувствовать тенденцию или явление, которые пока еще невозможно выявить. Универсального набора экологических индикаторов, который мог бы использоваться в любой ситуации на любом уровне, не существует. Каждая страна в соответствии с ее природно-климатическими и хозяйственными особенностями, а также остротой тех или иных экологических проблем должна самостоятельно решать, насколько подробно следует освещать тот или иной раздел и какие индикаторы для этого использовать.

В рамках программы правительства Республики Узбекистан по окружающей среде “Атроф — Мухит” на основании имеющегося международного опыта и информации, полученной от Минсельводхоза, Минздрава, Госкомгеологии, Госкомземгеодезкадастра, Госкомстата, Госкомприроды, Узгидромета, Института ботаники и Института зоологии АН Республики Узбекистан, Главного управления лесного хозяйства, составлен перечень необходимых экологических индикаторов.

Республика Узбекистан является участником программы Европейской экономической комиссии ООН “Окружающая среда для Европы”, поэтому при выборе экологических индикаторов в основном применялись критерии, использованные экспертами Европейской экономической комиссии ООН и Европейского агентства по охране окружающей среды

для стран ВЕКЦА. Вместо “приоритетности” был принят критерий “достоверность”, в соответствии с которым индикатор оценивается по тому, насколько он достоверно получен.

В качестве критериев для выбора экологических индикаторов мониторинга окружающей среды в Узбекистане приняты:

- связь с национальными экологическими приоритетами;
- связь с международной экологической политикой;
- измеримость (систематическая во времени и в пространстве);
- наличие временных рядов данных;
- предсказуемость результативности и эффективности;
- возможность информирования общественности о состоянии окружающей среды;
- достоверность.

Всего отобран 91 индикатор, из них 68 взяты из списка, принятого странами ВЕКЦА, и 23 индикатора характеризуют специфические условия Узбекистана.

Основными целями создания системы экологических индикаторов для Узбекистана являются развитие единой системы государственного мониторинга окружающей природной среды в республике, повышение эффективности мероприятий и принятия решений в области охраны окружающей среды и рационального управления природными ресурсами республики.

Для оценки состояния атмосферного воздуха на территории Узбекистана в настоящее время используются 20 показателей, которые в деталях характеризуют выбросы от стационарных и передвижных источников промышленного загрязнения и автотранспорта, но оставляют без внимания природные процессы локального и регионального уровня, оказывающие не меньшее влияние на атмосферу [1]. Атмосферные выпадения (осадки, сухие компоненты) не вошли в этот перечень. Однако предполагается в дальнейшем с учетом среднесрочных задач включить их в набор экологических индикаторов, так как их функциональная значимость в системе мониторинга не вызывает сомнений.

Воздействие атмосферных выпадений (осадки, сухие компоненты) на объекты окружающей среды приводит к отрицательным последствиям. Влажное и сухое осаждение из атмосферного воздуха кислотных, щелочных, солевых компонентов снижает урожайность сельхозкультур, в отдельных случаях приводит к массовой гибели растений, усиливает загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод, ускоряет коррозионные процессы, что вызывает разрушение зданий, конструкций, снижает устойчивость и эффективность работы технологических комплексов. Особенно актуальна эта проблема для Приаральского региона республики. От интенсивности выпадения и состава пыли зависит эффективность использования солнечных батарей. Кроме того, кислотные дожди, выпавшие в начале вегетационного периода в 2003 г., повредили все фруктовые деревья в Ташкентской области [2].

Сухие атмосферные выпадения (САВ) — это твердые частицы диаметром более 100 мкм, которые выводятся из атмосферы гравитационным путем и выпадают на подстилающую поверхность.

К основным характеристикам сухих атмосферных выпадений относятся:

- плотность общего потока САВ за единицу времени ( $\text{г}/\text{м}^2$ ,  $\text{кг}/\text{га}/\text{год}$ ), которая характеризует общую массу вещества, выпавшего в единицу времени на единицу площади поверхности;
- плотность потока водорастворимой части САВ за единицу времени на единицу площади поверхности, показывающая степень минерализации выпадений.

По сухим атмосферным выпадениям существуют многолетние ряды наблюдений. Отборы проб производятся с 1982 г. с периодом один месяц на пунктах мониторинга Национальной гидрометеорологической службы — семи стационарных постах (ранее их было 15). Работы выполняются в соответствии с “Временными методическими указаниями по отбору и анализу проб сухих атмосферных выпадений”, разработанными в НИГМИ [3]. С этой целью используются марли определенного размера с полиэтиленовой подложкой, предварительно взвешенные и помещенные в пластмассовые кюветы, которые размещают в защищенных от ветра устройствах. Наблюдения за сухими атмосферными выпадениями проводятся на территории Ташкентской и Бухарской областей, Ферганской долины, Приаралья (Каракалпакстан). Программа мониторинга сухих выпадений включает определение десяти измеряемых показателей, касающихся их физико-химических характеристик, и ряда расчетных показателей.

Подобные методы исследований используются в странах с аридным климатом (например, в Туркменистане, Израиле и др.) для изучения и оценок процессов пылесолепереноса, пыльных бурь и поземок. В качестве подложки используются искусственная трава и другие суррогатные поверхности.

На основании многолетних наблюдений за сухими атмосферными выпадениями и осадками на территории Республики Узбекистан и прилегающих к ней территориях были созданы базы данных.

На рис. 1 представлена карта районирования территории Республики Узбекистан по

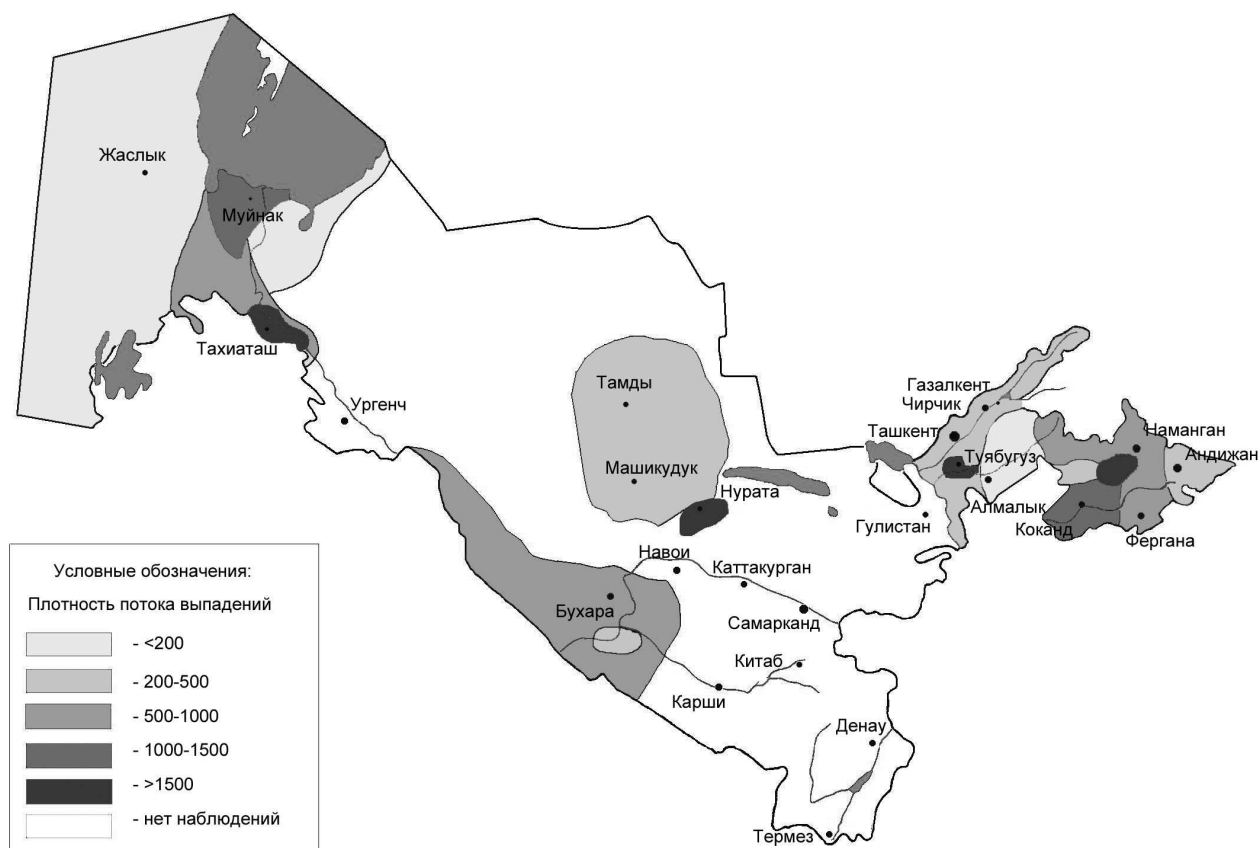


Рис. 1. Карта-схема общей плотности потоков сухих атмосферных выпадений на территории Республики Узбекистан.

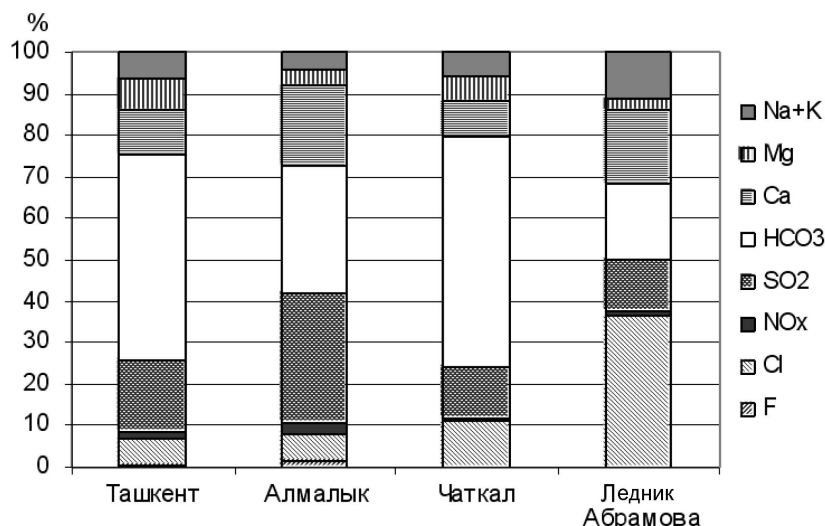


Рис. 2. Соотношение водорастворимых минеральных компонентов в составе сухих атмосферных выпадений в различных точках отбора.

плотности общего потока выпадений. На основании экспертных оценок сделана градация по пяти классам экологической нагрузки.

Химический состав САВ зависит от места отбора пробы. Из рис. 2 видно, что каждая точка отбора характеризуется определенным соотношением водорастворимых компонентов и их содержанием в водной вытяжке. Наименьшая минерализация отмечена для сухих выпадений на метеостанциях “Ледник Абрамова” и “Чаткальский заповедник”, наибольшая — для выпадений, отобранных на метеостанции “Алмалык”. В компонентном составе этих проб, за исключением проб, отобранных на леднике Абрамова, преобладают гидрокарбонаты, являющиеся, во-первых, основной почвенной составляющей, во-вторых, продуктом превращения оксида углерода (основного компонента выбросов автотранспорта). Наибольшее содержание сульфатов отмечено в САВ, отобранных в зонах высокой антропогенной нагрузки, причем максимальные концентрации наблюдаются в Алмалыке, где на диоксид серы приходится 95 % всех выбросов.

Показатель плотности потока САВ важен для контроля за состоянием окружающей среды, оценки ситуации, экологического районирования территории. Анализ многолетних рядов позволяет оценить тенденции загрязнения воздуха пылью [4].

Результаты химического анализа проб САВ использовались для исследования различных экологических ситуаций, а именно:

- оценки эолового выноса солей с осушенной территории Аральского моря [5];
- исследования влияния Аральского кризиса на территории Бухарской области;
- оценки воздействия крупных промышленных комплексов на состояние растительности и почвы;
- оценки влияния пыли на эффективность работы солнечных батарей.

Проводились эксперименты по исследованию процессов солемылепереноса в различных зонах осушки Аральского моря на основе восьмичасовых отборов проб САВ во время эпизодов пыльных бурь и поземок [6].

В качестве второго индикатора, отражающего особенности загрязнения атмосферы на территории Республики Узбекистан, предлагается рассмотреть такие показатели осадков, как:

- плотность общего потока минеральных компонентов, выпадающих с осадками на подстилающую поверхность, за один месяц/год, кг/га/год;
- количество случаев выпадения осадков в год с рН разовых проб меньше 4.0;
- общая минерализация осадков, мг/дм<sup>3</sup>.

Величина плотности общего потока осадков характеризует количество минеральных компонентов, которые поступают на единицу подстилающей поверхности за определенный период времени (месяц, сезон, год).

На территории Республики Узбекистан в рамках оперативной службы функционирует система мониторинга атмосферных осадков по 12 показателям более чем на 20 стационарных пунктах. Разовые пробы осадков с 2003 г. регулярно отбираются в городах Ташкенте, Алмалыке, Чирчике. Пробы осадков отбираются на пунктах мониторинга сети Национальной гидрометеорологической службы в соответствии с [7]. Анализ месячных проб осадков производится в химических лабораториях Узгидромета, а разовых проб — в лаборатории экологического мониторинга ОИПЗПС НИГМИ в соответствии с [7]. Полученные результаты химического анализа заносятся в базу данных, затем по ним рассчитываются характеристики плотности потоков.

Исследования показали, что на химический состав атмосферы и осадков влияют также синоптические процессы, трансграничный перенос загрязняющих веществ. Обобщенные данные (средние многолетние) по химическому составу осадков нанесены на картографическую основу. На рис. 3 в качестве примера представлены результаты по общей минерализации осадков.

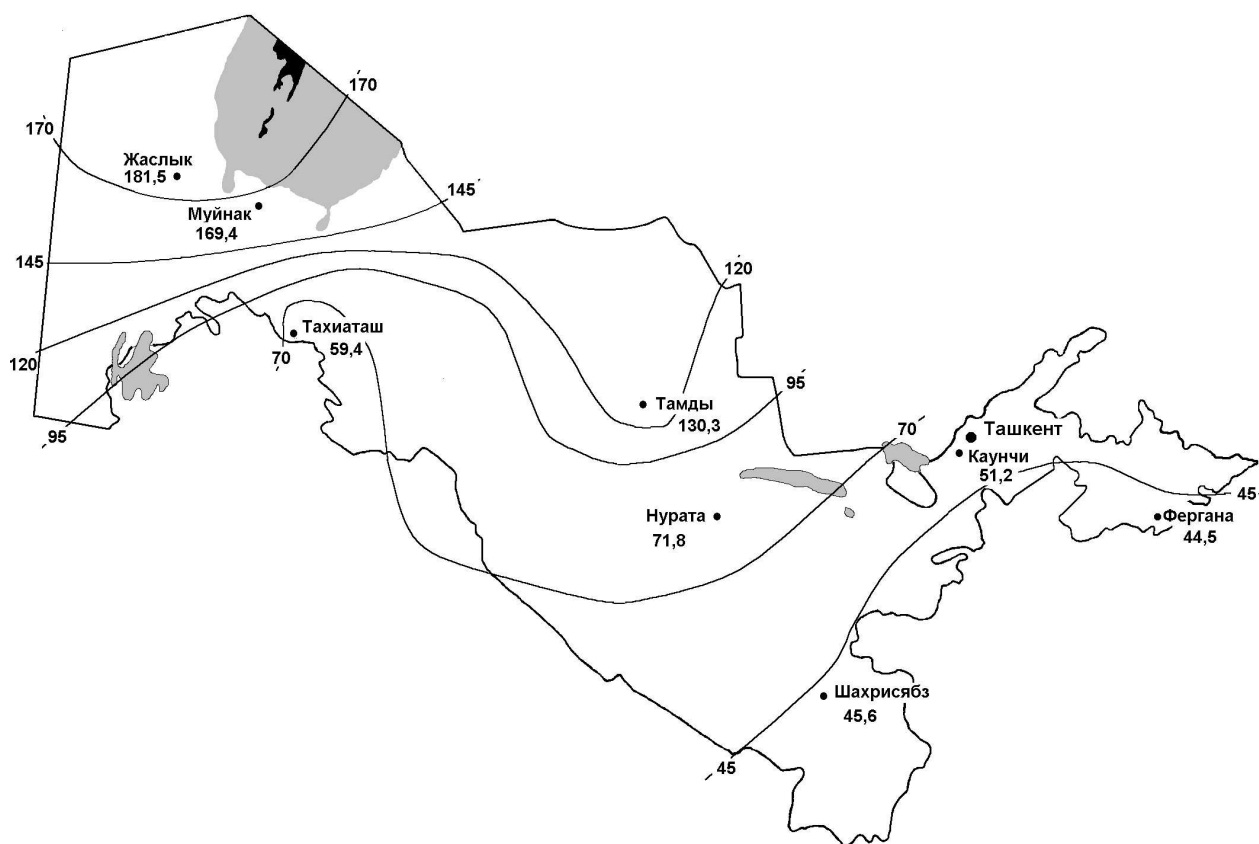


Рис. 3. Карта-схема минерализации осадков по территории Республики Узбекистан, мг/дм<sup>3</sup>.

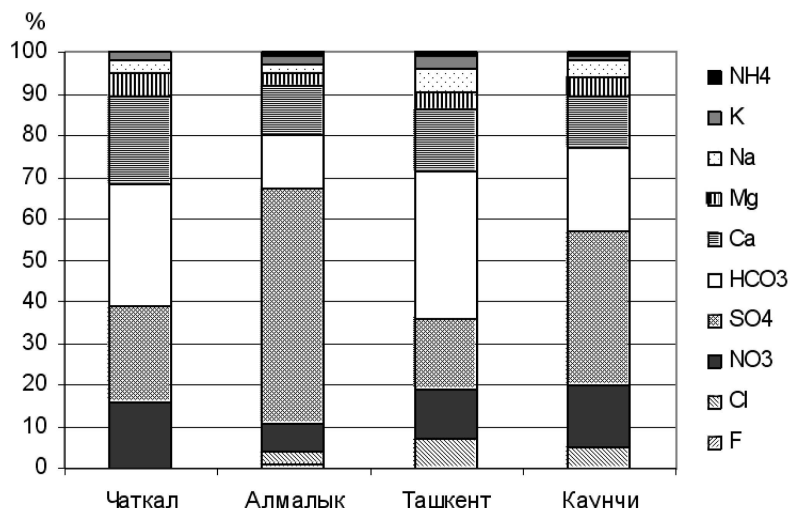


Рис. 4. Соотношение водорастворимых минеральных компонентов в составе осадков в различных точках отбора.

Анализ данных по химическому составу атмосферных осадков на территории Ташкентской области выявил, что локальные источники загрязнения атмосферы определенным образом влияют на химический состав осадков. На рассмотренных нами станциях (Ташкент, Алмалык, Бекабад, Тюя-Бугуз, Каунчи, Ангрен) содержание основных загрязняющих веществ превышает их фоновые количества в атмосферных осадках для данной природной зоны (рис. 4) [8].

В результате отбора разовых проб на территории Ташкентской области выявлены отдельные случаи выпадения кислотных дождей в районе города Алмалык, где находится крупный горно-металлургический комбинат. Это оказывает вредное влияние на поверхностные воды и почвенный покров, на растения, наземные и водные организмы, усиливает коррозию металлических конструкций. В качестве критического значения принимается рН осадков, равное 4.0. Особенно опасны кислотные дожди, выпадающие в период вегетации растений, когда наносимый ими ущерб максимален [7].

Таким образом, представленные экологические индикаторы могут характеризовать уровень загрязнения атмосферного воздуха, вызванного влиянием как антропогенных, так и природных источников в аридных зонах.

## Список литературы

- [1] РУКОВОДЯЩИЕ принципы по применению экологических индикаторов для мониторинга состояния окружающей среды в Узбекистане. Госкомитет Республики Узбекистан по охране природы. Программа Развития ООН в Узбекистане. Проект “Экологические индикаторы для мониторинга состояния окружающей среды в Узбекистане”. Ташкент, 2005. 24 с.
- [2] ТОЛКАЧЕВА Г.А. Научно-методические основы мониторинга атмосферных выпадений в Среднеазиатском регионе. Ташкент: САНИГМИ, 2000. 204 с.
- [3] ВРЕМЕННЫЕ методические указания по отбору и анализу проб сухих атмосферных выпадений. Ташкент: САНИГМИ, 1993. 51 с.

- [4] Толкачева Г.А., Ковалевская Ю.И., Тинина Г.А. Показатели качества атмосферного воздуха, используемые при экологическом районировании // Тр. САНИГМИ. 1998. Вып. 155(236). С. 69–82.
- [5] Толкачева Г.А., Ковалевская Ю.И., Шардакова Л.Ю., Фролова Н.А. Атмосферные выпадения и их воздействие на аридные экосистемы // Проблемы освоения пустынь. 2002. № 3. С. 3–8.
- [6] Толкачева Г.А., Ковалевская Ю.И., Шардакова Л.Ю., Джамамуратов Т.Н. Экспериментальные исследования ветрового переноса песка и солей в зоне осушки Аральского моря // Тез. Междунар. научно-практ. конф. “Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья”. Нукус, 2006. С. 92.
- [7] РД 52.24.43-87. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госкомитет по охране природы; Главгидромет, 1987. 639 с.
- [8] Толкачева Г.А., Смирнова Т.Ю., Ковалевская Ю.И. Атмосферные выпадения (сухие, влажные) — индикатор оценки климато-химических взаимодействий // География и природные ресурсы. Спецвыпуск: Тр. Междунар. конф. по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды — ENVIRONMENTIS-2004. Томск, 16–25 июля 2004 г. С. 234–245.

*Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.*