

УДК 504.064.2

## **Комплексный фоновый мониторинг в биосферных заповедниках России: триумф или фиаско?**

**Ю.А. Буйволов<sup>1</sup>, С.Г. Парамонов<sup>2</sup>, С.А. Громов<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды; <sup>2</sup>Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля; <sup>3</sup>Институт географии Российской академии наук

## **Integrated background monitoring in biosphere reserves of Russia: a triumph or a fiasco?**

**Yu. Buyvolov<sup>1</sup>, S. Paramonov<sup>2</sup>, S. Gromov<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute for Environment Protection; <sup>2</sup>Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology; <sup>3</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences  
*ybuyvolov@gmail.com*

**Summary.** The network of the Integrated background monitoring (IBMon) stations have operated in Russia for 40 years more. Many years ago the IBMon stations were the hallmark of the biosphere reserves (BR) in the USSR. Nowadays they are sometimes perceived as a rudiment of the USSR era, something antique, out of modern realities. This article describes the chronology of the development and functioning of the IBMon system in Russia, and also presents the scientific achievements obtained owing to the creation of this system. There were 16 IBMon stations created in 13 biosphere reserves of the USSR and Russia in total for 1978-1998, and after 1998 there are stations in 5 biosphere reserves only in Russia at present time: at Altaisky BR, Astrakhanskiy BR, Voronezhskiy BR, Kavkazskiy BR and Prioksko-Terrasnyi BR. The paper provides monitoring data on pollutant concentrations in the air, atmospheric precipitation, surface waters, soils and plants in the biosphere reserves, where the IBMon stations operate. The discussion is devoted to topics on reasons and goals of the IBMon station network creation in the USSR, what kind of scientific role they had played and why this activity direction is relevant today and should be developed in modern Russia.

**Key words:** *background environmental pollution, pollutants, Man and Biosphere Program, global environmental monitoring.*

**Резюме.** Станции комплексного фонового мониторинга (КФМ) существуют в России уже более 40 лет. Когда-то станции КФМ были визитной карточкой сети биосферных заповедников СССР. Сегодня иногда они воспринимаются как рудимент эпохи СССР, нечто антикварное, но не соответствующее современным реалиям. В настоящей статье описана хронология формирования и функционирования системы КФМ в России, а также показаны научные достижения, полученные благодаря созданию этой системы. Всего за период 1978–1998 гг. создано 16 станций КФМ в 13 биосферных заповедниках СССР и России, а после 1998 г. по настоящее время в России функционируют станции в пяти биосферных заповедниках: Алтайском, Астраханском,

Воронежском, Кавказском и Приокско-Террасном. В работе приводятся данные мониторинга содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и осадках, поверхностных водах, почвах и растениях в биосферных заповедниках, где действуют станции КФМ. Обсуждаются причины создания станций КФМ в СССР, их научная роль и современная актуальность.

**Ключевые слова:** *фоновое загрязнение окружающей среды, загрязняющие вещества, Программа «Человек и биосфера», глобальный экологический мониторинг.*

## Введение

Станции комплексного фонового мониторинга (КФМ) существуют в России уже более 40 лет. Когда-то станции КФМ были визитной карточкой сети биосферных заповедников СССР. Сегодня иногда они воспринимаются как рудимент эпохи СССР, нечто антикварное, но не соответствующее современным реалиям. Цель настоящей статьи – восстановить хронологию формирования и функционирования системы КФМ в России и показать научные достижения, полученные благодаря созданию этой системы. Авторы надеются, что по прочтении данной статьи читателю станет понятно, когда, как и для чего создавались станции КФМ в СССР, какую научную роль они сыграли и почему мы считаем, что данное направление актуально сегодня и должно развиваться в современной России.

Концепция системы комплексного фонового мониторинга была сформулирована академиком Ю.А. Израэлем в 1974 г. (Израэль 1974). Под КФМ загрязнения окружающей природной среды понимается система повторяющихся измерений (наблюдений) показателей содержания загрязняющих веществ в живых и неживых компонентах природной среды на территориях, расположенных на значительном удалении (порядка 100 км) от крупных урбанизированных и промышленных центров – источников выбросов загрязняющих веществ. Такие удалённые территории было предложено называть «фоновыми территориями» и именно здесь создавались станции КФМ. Измерения выбранных показателей загрязнения в разных компонентах природной среды должны быть скоординированы во времени и пространстве таким образом, чтобы получающийся в ходе мониторинга поток информации давал представление о повсеместном, типичном уровне загрязнения разных геофизических сред в тех регионах, для которых выбранные фоновые точки являются представительными, а также о временном тренде этого уровня.

Наиболее полно научная концепция КФМ изложена Ю.А. Израэлем в книге «Экология и контроль окружающей среды» (Израэль 1979). Под экологическим мониторингом Ю.А. Израэль понимал «мониторинг антропогенных изменений природной среды в комплексе с мониторингом вызываемых ими эффектов, а также мониторингом факторов воздействия. Экологический мониторинг должен учитывать все основные изменения, вызываемые любыми антропогенными воздействиями на фоне естественной изменчивости». Предполагалось выделение в системе экологического мониторинга подсистемы «контроля загрязнений на фоновом уровне – сюда относятся наблюдения в зонах, удаленных от любых локальных источников. К этой подсистеме относится контроль состояния природной среды, уровня загрязнения в уникальных, заповедных природных объектах» (Израэль 1979, с. 315). В настоящее время в Федеральном законе от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (Федеральный..., 2002) и иных законодательных актах Российской Федерации применяется иная трактовка термина.

Программа экологического мониторинга на фоновом уровне («фоновый мониторинг»), реализовать которую планировалось на базе биосферных заповедников, предусматривала такие разделы: мониторинг загрязнений природной среды и других факторов антропогенного воздействия; мониторинг откликов биоты на антропогенное воздействие, в первую очередь – фонового уровня загрязнения; наблюдения за изменением функциональных и структурных характеристик нетронутых («эталонных») природных экосистем и их антропогенных модификаций (Израэль и др. 1977, Израэль 1979).

Эта система необходима для того, чтобы оценить современное фоновое состояние биосферы, обнаружить вызываемые антропогенной деятельностью эффекты в биосфере на региональном и глобальном уровнях, а также выявить тенденции изменения.

Следует пояснить, что в Советском Союзе все биосферные резерваты (Biosphere Reserve) Программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ) назывались «биосферные заповедники». В настоящее время в России в контексте Программы МАБ используется международное понятие «биосферный резерват».

В данной статье, если это не цитирование, под биосферным заповедником понимается особо охраняемая природная территория федерального значения, включённая в состав одноимённого биосферного резервата. Станция КФМ включает основной пробоотборный полигон,

на котором отбираются пробы воздуха, осадков и проводятся сопутствующие измерения, а также постоянные пробные площади и пункты для отбора проб поверхностных вод, почв и растительности. Все места отбора проб располагаются в пределах земель особо охраняемой природной территории (ООПТ) федерального значения – государственного природного биосферного заповедника, входящей в одноимённый биосферный резерват. На станциях КФМ «Центрально-Лесной биосферный заповедник (БЗ)» и «Приокско-Тerrasный БЗ» пробоотборные полигоны располагаются у самых границ заповедной территории, но эти незначительные исключения были вызваны техническими причинами.

### **Создание и развитие системы КФМ**

Бесспорными лидерами создания мировой системы глобального экологического мониторинга в период 1974–1989 гг. стали СССР и США, действовавшие в рамках заключённого в 1972 г. Соглашения между ними о сотрудничестве в области охраны окружающей среды. Ниже приводим хронологию событий тех лет.

**1974 год.** В Тбилиси прошёл Первый Советско-американский симпозиум «Всесторонний анализ окружающей среды», на котором было принято решение о необходимости разработки научного обоснования мониторинга окружающей среды с учётом всесторонней оценки антропогенного воздействия на все компоненты биосферы, а также нормирования нагрузки на биосферу с учётом звеньев, определяющих критическую нагрузку на популяции, экосистемы, биосферу в целом (Всесторонний..., 1975). После конгресса термин «мониторинг» активно внедряется в научную русскоязычную терминологию благодаря работам Ю.А. Израэля (Израэль 1974, 1975).

**1975 год.** Была организована Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) под эгидой Программы ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП). Основные вопросы построения программы обсуждались на Втором Советско-американском симпозиуме «Всесторонний анализ окружающей среды» в Гонолулу, Гавайи, 20–26 октября (Всесторонний..., 1976).

**1976 год.** На Первом Советско-американском симпозиуме по биосферным заповедникам (Биосферные..., 1977) принято решение о разработке и внедрении программы фонового экологического мониторинга суши в биосферных заповедниках. Станции, расположенные в

биосферных заповедниках, должны стать частью ГСМОС ЮНЕП. Предусматривалось, что программа наблюдений включает биологический и абиотический (геофизический) мониторинг (Израэль и др. 1977). На симпозиуме также были представлены первые предложения от СССР по программе абиотического (или геофизического) мониторинга загрязнения в биосферных заповедниках и впервые был введён термин «комплексный мониторинг» в применении к мониторингу загрязнения природной среды в биосферных заповедниках (Гасилина и др., 1977).

Перечень веществ для включения в программу наблюдений был составлен с учётом таких свойств как распространённость и устойчивость в окружающей среде, способность к миграциям на большие расстояния, степень их негативного воздействия на биологические и геофизические системы различного уровня. Российские и американские предложения по программе были практически идентичными (Морган и др., 1977; Rovinsky et al., 1982). Программа наблюдений за химическим загрязнением природной среды в биосферных резерватах МАБ стала реализовываться в рамках деятельности ГСМОС ЮНЕП. В перечень наблюдаемых веществ вошли для атмосферного воздуха: взвешенные вещества, озон, окись и двуокись углерода, окислы азота, сернистый газ и сульфаты. Также были выделены загрязняющие вещества, мониторинг которых должен вестись как в атмосфере, так и во всех других средах – почве, поверхностных водах и биоте. Из всего спектра токсичных веществ, выбрасываемых промышленностью и сельским хозяйством, выделены следующие приоритетные загрязнители-экоотоксиканты: хлорорганические пестициды (ДДТ, ГХЦГ), полиароматические углеводороды (бенз(а)пирен и др.), тяжёлые металлы (свинец, ртуть, кадмий и мышьяк). Также указывалось на необходимость мониторинга содержания анионов и катионов в осадках по программе Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации (ГСА ВМО) и биогенных элементов, прежде всего соединений кальция, магния, натрия, алюминия. По биотическим видам наблюдений не было единства. Программа биотических наблюдений должна была формироваться по мере развития системы абиотических наблюдений.

Для разработки и апробирования методов программы КФМ в СССР начинаются работы по созданию первой станции фонового мониторинга на оз. Боровое (Казахстан), в ненарушенном антропогенной деятельностью рекреационном оазисе, территория которого получила природоохранный статус национального природного парка

в 2000 г. В США созданы первые 27 биосферных резервата, преимущественно на базе существовавших национальных парков.

**1977 год.** Создана нормативная правовая и организационная база создания в СССР первой очереди биосферных резерватов. Было заключено и утверждено трёхстороннее Соглашение между Минсельхозом СССР (в его ведении находилось большинство «научных» заповедников), Академией наук СССР и Главгидрометеослужбой при Совете Министров СССР совместным Постановлением от 26.05.1977 № 1, которое предусматривало организацию первой очереди биосферных резерватов (заповедников) СССР и создание в них сети станций, выполняющих глобальный экологический мониторинг.

Необходимость межведомственной кооперации была продиктована сложностью поставленной задачи. Ни одно ведомство в рамках своих полномочий, финансовых и технических возможностей не способно было создать систему такого мониторинга. Необходимо было не только технически оснастить станции, но и обеспечивать научное и техническое сопровождение на протяжении неопределённо долгого периода.

**1978 год.** Окончательно сформированы основные принципы ведения комплексного фонового мониторинга загрязнения природной среды, обсуждавшиеся на международном симпозиуме по разработке межкомпонентной системы мониторинга состояния окружающей среды (Израэль, 1980).

В рамках трёхстороннего Соглашения в СССР началось создание системы КФМ. В 1978 г. Гидрометслужба была преобразована в Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет СССР), главой которого в ранге министра был назначен Ю.А. Израэль. Согласно приказу Госкомгидромета СССР от 22.08.1978 № 181 первые станции КФМ должны быть созданы в первых биосферных заповедниках СССР – Кавказском (Россия), Березинском (Белоруссия), Сары-Челекском (Киргизия). Испытательная станция на оз. Боровое получила статус станции КФМ «Боровое» (Казахстан).

В основе межведомственного взаимодействия для построения системы КФМ в нашей стране были положены следующие основные принципы:

- размещение полигонов и пробных площадей станций КФМ в государственных природных заповедниках, входящих в систему биосферных резерватов программы ЮНЕСКО МАБ, что гарантирует долговременную правовую защиту природоохранного режима и отсутствие локальных источников загрязнения в местах наблюдений;

- создание инфраструктуры и материально-техническое обеспечение эксплуатации станций КФМ, в том числе предоставление помещений и обеспечение электроэнергией, осуществлялось администрацией заповедника, а Госкомгидромет СССР обеспечивал создание станций КФМ как подразделений региональных управлений Госкомгидромета СССР (УГМС), их кадровое и приборное оснащение, текущее финансирование работ;
- персонал станций КФМ проводил систематические наблюдения по стандартизированной программе КФМ, включавшей совмещение измерений концентраций глобальных загрязняющих веществ в различных природных средах, проведение метеонаблюдений и иных сопутствующих измерений;
- создание единого научно-исследовательского и координационного центра, курируемого Госкомгидрометом и Академией наук СССР, который обеспечивал бы разработку унифицированных методов отбора и химического анализа природных объектов на содержание загрязняющих веществ, систему регулярного контроля качества данных;
- использование химических, геофизических и биологических методов при исследовании и мониторинге экосистем, в том числе для данных, собираемых по программе Летопись природы, совместная обработка результатов всеми сторонами Соглашения.

Предусматривалось также, что детальные условия, а также распределение обязанностей по организации и обеспечению конкретной станций КФМ в биосферных заповедниках будет выполняться в рамках отдельных соглашений, заключаемых между региональными управлениями Госкомгидромета СССР и администрацией заповедника.

Решением Секретариата Программы ЮНЕСКО МАБ во Всемирную сеть биосферных резерватов включены первые восемь советских государственных природных заповедников: Кавказский, Приокско-Террасный (после 1983 г. к Приокско-Террасному будет «присоединён» Окский), Сихотэ-Алинский, Центрально-Чернозёмный (в РСФСР), Березинский (Белорусская ССР), Чаткальский (Узбекская ССР), Репетекский (Туркменская ССР), Сары-Челекский (Киргизская ССР). Начались экспедиционные обследования биосферных заповедников в целях создания станций КФМ.

**1979 год.** Организован научно-исследовательский и координационный центр системы КФМ – Лаборатория мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета СССР и Академии наук СССР (ЛАМ),

директором которой стал Ю.А. Израэль. (Бардин и др. 2019). С организацией ЛАМ в 1979 г. сформировалась система КФМ, включающая научный и координирующий центр, региональные аналитические лаборатории и станции КФМ. Обеспечение работы станций КФМ, проведение сложных химических анализов на тяжёлые металлы и пестициды выполнялось региональными Центрами контроля загрязнения окружающей природной среды, расположенными в городах Санкт-Петербург, Курск, Иркутск и Ташкент и действовавшими в составе территориальных Управлений Госкомгидромета СССР. ЛАМ курировала как работу региональных Центров, так и самих станций КФМ, обеспечивала контроль качества данных, сбор, анализ и обработку полученных на сети данных, подготовку ежегодных бюллетеней (Ровинский, 1989).

**1980 год.** Создание станций КФМ и начало регулярных наблюдений по программе в Березинском и Репетекском биосферных заповедниках. В странах Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) созданы первые станции Кошетице (ЧССР) и Сарваш (ВНР).

На II Советско-американском симпозиуме по биосферным заповедникам учёные СССР и США (Биосферные..., 1982) обменялись результатами работ по моделированию динамики экосистем и обсудили комплексную программу экологического мониторинга в биосферных заповедниках. Учёные СССР представили уже некоторые итоги первых четырёх лет наблюдений за загрязнением природных сред в фоновых районах (Ровинский и др., 1982, Rovinsky et al., 1982).

В США проводятся наблюдения за загрязнением в 12 биосферных резерватах, из них комплексные наблюдения в биосферных резерватах – национальных парках Грейт-Смоуки-Маунтинс (Great Smoky Mountains) и Олимпик (Olympic) (Германн, Барон, 1982). Важно, что, как и в СССР, в США исследования организованы и субсидируются на основе межведомственного сотрудничества университетов и федеральных ведомств США, включая Службу национальных парков, Агентство охраны окружающей среды, Геологическую службу и др. (Германн, Барон 1982; Гибсон 1982).

**1982 год.** Создание станций КФМ и начало регулярных наблюдений по программе в биосферных заповедниках Баргузинский и Кавказский. В странах СЭВ создаются станции в ГДР (Нойглобзов, Аркона), Болгарии (Рожен), Венгрии (Карлова-пуста), Польше (Сувалки, Ярчев и др.). В США проводятся комплексные исследования загрязнения в биосферном резервате Глейшер/Glacier Bay-Admiralty (Вирсма и др., 1984).

**1983 год.** Создание станций КФМ и начало регулярных наблюдений по программе в биосферных заповедниках Приокско-Террасном, Сихотэ-Алинском, Сары-Челекском и Чаткальском, на станции КФМ Прейла (Литовская ССР, ныне в границах национального парка «Курская коса» Литвы).

Состоялся первый Международный конгресс по биосферным резерватам (заповедникам) в Минске (Белорусская ССР), на котором были представлены не только теоретические обоснования, но уже и практическое воплощение системы КФМ в биосферных резерватах СССР и США. Отмечено, что первая подготовительная стадия работ по экологическому мониторингу в СССР завершена, на втором этапе начинается реализация и оптимизация программ экологических наблюдений, использование биологических методов, накопление информации, необходимой для регулирования качества природной среды на глобальном и крупномасштабном региональном уровнях (Израэль, 1984).

Выработаны критерии по дальнейшему развитию сети биосферных резерватов в России. Вышел в свет первый выпуск Обзора фонового состояния окружающей природной среды – за 1981 год.

**1984 год.** Вторая очередь советских заповедников включена в программу МАБ: Астраханский, Кроноцкий, Лапландский, Печоро-Ильчский, Саяно-Шушенский, Сохондинский, Воронежский. Начались работы по обследованию биосферных заповедников для создания станций КФМ.

**1985 год.** В программу МАБ включён Центрально-Лесной государственный природный заповедник. Для создания станций КФМ проведено экспедиционное обследование Астраханского и Центрально-Лесного биосферных заповедников.

В Ташкенте прошёл III Международный симпозиум по Комплексному глобальному мониторингу состояния биосферы. Учёные СССР представили доклады по материалам действующих 10 станций КФМ и планы по созданию ещё 30–40 станций, на тот момент учёные США располагали только данными регулярного мониторинга по двум станциям в биосферных резерватах – национальных парках: Торес-дель-Пайне (Torres del Paine) в Чили и Олимпик в штате Вашингтон, США (Вирсма и др., 1986).

**1986 год.** Включён в программу МАБ Баргузинский государственный природный заповедник, в котором уже действовала станция КФМ с исследовательским полигоном в пос. Давша. Разработан и опубликован комплект унифицированных методов мониторинга фонового

загрязнения природной среды для использования на станциях КФМ в СССР и странах СЭВ (Унифицированные..., 1986).

**1987 год.** Создание станций КФМ и начало регулярных наблюдений по программе в биосферных заповедниках Астраханский и Центрально-Лесной.

**1988 год.** Создание станции КФМ «Ледник Абрамова» (Таджикская ССР) в горах Памира.

**1989 год.** Создание станций КФМ в биосферных заповедниках Саяно-Шушенский и Воронежский, начало регулярных наблюдений по программе в Саяно-Шушенском БЗ. ЛАМ реорганизован в Институт глобального климата и экологии Росгидромета и Российской академии наук (ИГКЭ).

**1990 год.** Начались измерения на станции КФМ в Воронежском биосферном заповеднике. В связи со снижением реального финансирования вследствие инфляционных процессов временно (как потом выяснится, навсегда) приостановила работу самая дорогостоящая и оснащённая станция КФМ в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике.

Таким образом, принимая за начало отсчета 1978 год, на территории бывшего СССР, всего за чуть более 10 лет после начала работ было создано 15 станций (функционировало 14), выполнявших на регулярной основе унифицированную программу КФМ, из них 12 станций в биосферных заповедниках СССР: Астраханский, Баргузинский, Воронежский, Кавказский, Приокско-Тerrasный, Центрально-Лесной, Сихотэ-Алинский, Саяно-Шушенский (все в РСФСР), Березинский (Белорусская ССР), Чаткальский (Узбекская ССР), Сары-Челекский (Киргизская ССР), Репетекский (Туркменская ССР). Ещё три станции в этот период созданы в фоновых районах вне особо охраняемых природных территорий – Ледник Абрамова, Боровое и Преяла. Всего за 1978–1998 гг. создано 16 станций КФМ в 13 биосферных заповедниках СССР и России (табл. 1), после 1998 г. новые станции КФМ не создавались.

В странах СЭВ – Болгарии, Польше, ГДР, ЧССР, Югославии, Венгрии и Румынии – были созданы станции фонового мониторинга, но они располагались вне биосферных резерватов в привязке к пограничным районам для оценки трансграничного переноса. Изначально предполагалось, что для всего земного шара будет достаточно 30–40 сухопутных базовых станций глобального (фонового) экологического мониторинга (Ровинский, 1989). На тот момент США располагали только данными регулярного мониторинга на двух станциях в биосферных резерватах: Торес-дель-Пайне в Чили и Олимпик в штате Вашингтон, США.

**Таблица 1.** Динамика сети станций КФМ в СССР и России с 1978 по 2020 г.

Год открытия	Название станции КФМ	Биосферный резерват	Год закрытия станции КФМ	Примечание
1978	Боровое	нет	действует	Выполняет программу ЕМЕП
1980	Березинский БЗ	Березинский	действует	Выполняет программы ЕМЕП, МСП КМ
1980	Репетекский БЗ	Репетекский	1999	
1982	Кавказский БЗ	Кавказский	действует	Выполняет программу ГСА/ВМО
1982	Баргузинский БЗ	Баргузинский	1998	
1983	Приокско-Террасный БЗ	Приокско-Террасный	действует	Выполняет программы ЕМЕП, МСП КМ, ГСА/ВМО
1983	Сихотэ-Алинский БЗ	Сихотэ-Алинский	1995	Выполняет программу ГСА/ВМО
1983	Сары-Челекский БЗ	Сары-Челекский	1992	
1983	Чаткальский БЗ	Чаткальский	2007	
1983	Прейла	нет	1992	Станция программы ЕМЕП
1987	Центрально-Лесной БЗ	Центрально-Лесной	1995	Станция «Лесной» ЕМЕП и МСП КМ
1987	Астраханский БЗ	Астраханский	действует	Выполняет программу ГСА/ВМО
1988	Ледник Абрамова	нет	1991	
1989	Саяно-Шушенский БЗ	Саяно-Шушенский	1998	
1989	Воронежский БЗ	Воронежский	действует	Выполняет программу ГСА/ВМО
1998	Яйлю	Алтайский	действует	

В Западной Европе создание станций комплексного мониторинга начнётся только в 1990-х годах в рамках выполнения Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979) при реализации Международной совместной программы комплексного мониторинга воздействий загрязнения воздуха на экосистемы (МСП КМ) и не будет связано с Программой МАБ и биосферными резерватами.

Таким образом, на конец 1980-х годов впервые в мире на огромной территории была организована сеть станций наблюдений в заповедных уголках за основными глобальными загрязняющими веществами во всех природных средах. Это был триумф советской системы мониторинга и охраны окружающей среды. За 10 лет с нуля создать систему КФМ, основанную на передовых аналитических методах того времени, стало возможным благодаря тесной межведомственной координации для достижения поставленной цели, энергии организаторов программы.

С позиции сегодняшнего дня трудно поверить, что руководитель Государственного комитета по гидрометеорологии в ранге министра СССР Ю.А. Израэль лично разрабатывает теоретическую базу, обосновывает практическое воплощение идей через серию научных

публикаций и непосредственно руководит процессом реализации системы мониторинга. В 1974 г. Юрий Антониевич был назначен начальником Главного управления ГМС при Совете Министров СССР, а в 1978 г. стал председателем созданного на его основе Госкомгидромета СССР – Государственного комитета по гидрометеорологии и контролю природной среды (с 1988 г. – Государственного комитета по гидрометеорологии), который возглавлял до 1991 г. (Бардин и др., 2019).

По результатам оценки данных и исследований ожидаемых эффектов воздействия загрязнения окружающей природной среды на биоту фоновых территорий России выявить не удалось, поскольку при низких концентрациях загрязняющих веществ межгодовые флуктуации её состояния перекрывают возможное слабое воздействие загрязнения. В целом, состояние экосистем фоновых районов признано благополучным. Но уровни содержания хлорорганических загрязняющих веществ в тканях животных, обитающих в фоновых районах, были близки к нижнему порогу воздействия (Воронова и др., 1990, Буйволов, 1993, 1995).

И тем не менее, первоначально заявленные цели комплексного фонового мониторинга загрязнения природной среды были выполнены. Результаты работы системы КФМ достоверно показали присутствие приоритетных (глобальных) загрязняющих веществ (тяжёлые металлы, пестициды, канцерогенные полиароматические углеводороды) во всех природных средах на территориях биосферных заповедников, удалённых от источников загрязнения. Проведены исследования глобального и межрегионального переноса и выпадений загрязняющих веществ в условиях второй «индустриальной революции» (1970–80-е годы). Были установлены уровни загрязнения, характерные для «чистых» районов различных регионов Евразии и показана тенденция роста концентраций. Данные системы КФМ позволили выявить основные закономерности поступления, накопления и распространения загрязняющих веществ в природных средах на фоновом уровне, то есть при постоянном выпадении из атмосферы и циркуляции в микроконцентрациях в экосистемах. Данные станций КФМ были использованы для создания моделей формирования уровней загрязнения атмосферы на Европейской и Азиатской территориях России, а также позволяли выявить долговременные тренды концентраций глобальных загрязняющих веществ в природных средах. Результаты наблюдений на станциях КФМ дополнялись работами научных отделов биосферных заповедников, включались в Летописи природы, использовались на-

учными сотрудниками в своих исследованиях. Полученные результаты обобщены в серии аналитических обзоров (Аналитический..., 1988, 1989, 1990) и монографий (Ровинский и др., 1988, 1990).

## **Коллапс советской системы комплексного фонового мониторинга**

Однако на этом пике, к сожалению, не удалось закрепить успех надолго. Ключевыми факторами стали экономика и политика. СССР удалось опередить США в мирном соревновании, но с распадом СССР в 1991 г. начался процесс сокращения сети и программы наблюдений. Сотрудничества США и России в сфере охраны окружающей среды в том формате, в каком оно выполнялось до 1990 г., уже не существовало.

**1991 год.** После распада СЭВ единство сети станций КФМ СССР и стран членов СЭВ было нарушено. Станции Болгарии, Польши, Германии и Литвы были реорганизованы в станции трансграничного мониторинга, создаваемые в странах Европы в рамках выполнения Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979) – по Международной европейской программе мониторинга и оценки переноса на большие расстояния загрязняющих воздух веществ (ЕМЕП) и Международной совместной программы комплексного мониторинга воздействий загрязнения воздуха на экосистемы (МСП КМ).

**1992 год.** Единая система КФМ СССР в связи с распадом Союза больше не существовала. Прекратили работу станции КФМ в Сары-Челекском БЗ и станция «Ледник Абрамова».

Самым проблемным вопросом развития сети станций КФМ стали многорасходные аспираторы, необходимые для отбора проб воздуха на содержание тяжёлых металлов и органических загрязняющих веществ. В первые годы создания сети станций КФМ оснащались опытными образцами электроаспираторов под названием «Кипарис» (рис. 1), которые собирались в мастерской Института прикладной геофизики или аспираторами ЭА-3. Они производились в Украинской ССР, но после 3–5 лет эксплуатации выходили из строя, а после 1990 г. не выпускались.

Многолетние опытно-конструкторские разработки с 1984 по 1990 г. по созданию универсального серийного электроаспиратора, который мог бы круглосуточно работать в любых климатических условиях при расходах от 1 до 50 м<sup>3</sup> в час и с точностью измерения объёма прокаченного воздуха  $\pm 5\%$ , не дали результата. В мире тогда не производились серийные электроаспираторы с такими характери-



**Рис. 1.** Электроаспиратор «Кипарис» на станции КФМ «Кавказский биосферный заповедник». Фото Ю.А. Буйволова

ками, подобных aspirаторов нет и сегодня. В США и Японии с начала 1990-х годов началось производство аналогичных моделей, но инженеры пошли по пути создания блочных конструкций, при которых

модели комплектовались различными блоками, рассчитанными на более узкие диапазоны скоростей прокачки воздуха и климатических условий. В России к этому времени уже были прекращены опытно-конструкторские разработки. Необходимость закупки дорогостоящего импортного оборудования для оснащения станций КФМ до сих пор остается критическим фактором возможности расширения сети.

**1993 год.** На 4-й сессии Межгосударственного совета по гидрометеорологии стран СНГ (Алматы, 11–17 октября 1993 г.) было принято решение о сохранении системы КФМ в странах СНГ и межгосударственной координации работ. В бывших союзных республиках станции КФМ сохранились в Березинском БЗ (Белоруссия), Чаткальском БЗ (Узбекистан), Репетекском (Туркменистан) и Боровое (Казахстан). Научно-методическое руководство работами в системе КФМ СНГ, ведение межгосударственного банка данных фонового мониторинга и подготовка ежегодного Обзора фонового состояния окружающей природной среды на территории СНГ были поручены Институту глобального климата и экологии РАН (ИГКЭ) (Громов, Парамонов, 2015). С конца 1990-х годов институт полностью перешёл в ведение Росгидромета, а в 2018 г. институту присвоено имя академика Юрия Антониевича Израэля.

Помимо станций КФМ на фоновых территориях начался процесс закрытия фоновых пунктов государственной наблюдательной сети Росгидромета за загрязнением окружающей среды, гидропостов, расположенных на удалённых территориях, в границах федеральных ООПТ (например, закрыты пункты наблюдения за загрязнением поверхностных вод в границах Кавказского, Сихотэ-Алинского биосферных заповедников, Кенозерского национального парка, Пинежского государственного природного заповедника и др.).

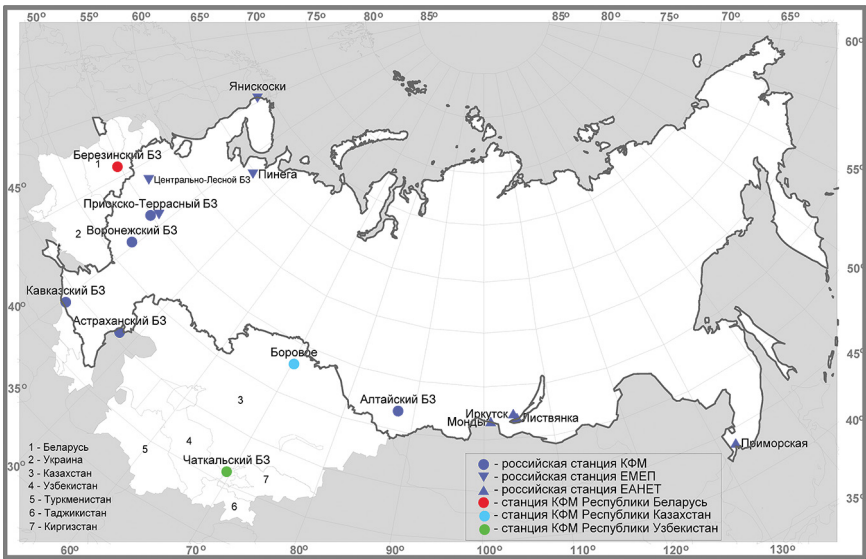
Для обеспечения работы на сохранившихся в России семи станциях КФМ (в Астраханском, Баргузинском, Воронежском, Кавказском, Приокско-Тerrasном, Саяно-Шушенском и Центрально-Лесном биосферных заповедниках) между Росгидрометом и Минприроды России 20 апреля 1993 г. было заключено Соглашение, определившее перечень существующих и перспективных для развития станций КФМ заповедников и распределение обязанностей между региональными управлениями Росгидромета (УГМС) и администрациями заповедников, а также определившее функции ИГКЭ как единого научно-методического и информационного центра.

**1995 год.** Закрыта из-за сокращения финансирования станция КФМ в Центрально-Лесном БЗ, в Туркменистане практически прекратились наблюдения на станции КФМ в Репетекском БЗ.

**1998 год.** В рамках Соглашения от 20 апреля 1993 г. была создана новая станция КФМ в Алтайском государственном природном заповеднике, планируемом к получению биосферного статуса. Во Всемирную сеть биосферных резерватов Алтайский заповедник был включён только в 2009 г. Станции в Саяно-Шушенском и Баргузинском биосферных заповедниках закрылись по финансовым причинам. В связи с сокращением финансирования региональные Центры Росгидромета перестали выполнять сложные аналитические работы, поэтому в ИГКЭ была создана оперативная лаборатория, которая стала выполнять как аналитические работы по определению содержания полиароматических углеводородов, пестицидов и тяжёлых металлов, так и контроль качества данных и подготовку информационных материалов.

Несмотря на резкое сокращение финансирования, но сохранение межведомственного взаимодействия сеть продолжала существовать, однако программа наблюдений в ряде станций выполнялась в сокращённом объёме. В 1990-х годах в России начали организовываться станции международного трансграничного мониторинга по программе ЕМЕП в Европейской части России и сети мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) в Азиатской. Такие станции в России также располагались на федеральных ООПТ или в их охранных зонах, но их функционирование уже не предусматривало межведомственного взаимодействия с администрациями этих ООПТ. Например, станции трансграничного мониторинга Янискоски и Пинега располагались у границ государственных природных заповедников «Пасвик» и «Пинежский», а станции Монды и Листвянка – в границах Национальных парков Тункинский и Прибайкальский. В Центрально-Лесном биосферном заповеднике в 2008 г. по инициативе администрации заповедника была создана станция трансграничного мониторинга загрязнения воздуха «Лесной». Схема станций на начало 2000-х годов приведена на рис. 2.

**1999 год.** В целях совершенствования экологического мониторинга загрязнения окружающей среды на заповедных территориях в Госкомэкологии России была создана рабочая группа, в которую вошли академик Г.В. Добровольский, представители Росгидромета (Ю.С. Цатуров, Ю.П. Черханов), директора биосферных заповедников Е.С. Литкенс, Н.А. Литвинова, А.С. Желтухин. К этому времени в Российской Феде-



**Рис. 2.** Станции фонового мониторинга (КФМ, ЕМЕП и ЕАНЕТ) в России и СНГ на начало 2000-х годов

рации осталось только пять станций КФМ. Председатель рабочей группы В.И. Данилов-Данильян поставил задачу разработки и внедрения в учреждениях Госкомэкологии России мониторинга реакции биоты на антропогенное воздействие, активно используя методы биоиндикации.

**2001 год.** В связи с реорганизацией Госкомэкологии России в ходе административной реформы 2001 г. рабочая группа прекратила существование, а поставленная перед ней задача не была реализована. После административной реформы органов исполнительной власти 2001–2004 гг. заключённые ранее межведомственные соглашения уже не соответствовали изменившейся структуре управления. В этот период впервые проявились недостатки созданной нормативной правовой базы. При разработке законодательства, нормативных правовых и инструктивно-методических документов в 1990-х годах особенность функционирования станций КФМ на базе межведомственной кооперации не была учтена. Глобальный экологический мониторинг в государственных природных биосферных заповедниках был закреплён в Федеральном законе от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (в редакции до 2013 г.), но отсутствовал в Федеральном законе от 19.07.1998 № 113-ФЗ «О гидрометеорологической

службе». Особенности межведомственного характера организации и функционирования специализированных станций фонового мониторинга не были учтены в Положении о наземной сети наблюдений Росгидромета (РД 52.04.567-96), как и в последующем РД 52.04.567-2003 «Положение о государственной наблюдательной сети».

**2004–2014 годы.** С начала 2000-х годов само размещение станций мониторинга Росгидромета в границах государственных природных биосферных заповедников и использование инфраструктуры, предоставляемой другим ведомством на безвозмездной основе подразделениям Росгидромета, оказалось в «серой зоне» законодательства. Неизбежно возникали проблемы существования станций Росгидромета в границах ООПТ федерального значения. В эти годы финансовые условия работы заповедников улучшились, но отсутствие нормативной базы и нарушенные межведомственные взаимоотношения привели к серии конфликтов между администрациями биосферных заповедников и станциями КФМ Росгидромета.

Например, в Кавказском биосферном заповеднике в 2008–2012 гг. имели место нарушения режима использования пробных площадей и полигона наблюдений со стороны администрации заповедника, там был разрешён выпас лошадей и проведены посадки плодовых культур у пробоотборного полигона. В Воронежском биосферном заповеднике администрацией заповедника были изъяты лабораторные помещения, используемые станциями КФМ, и перенесено место основного пробоотборного полигона из центральной заповедной зоны на окраину населённого пункта. Возникали длительные остановки в работе оборудования в связи с нерешённостью вопроса об оплате за электроэнергию. На станциях КФМ Кавказского и Воронежского биосферных заповедников удалось частично развести энергосети, и оплату электроэнергии за функционирование оборудования перенести на Росгидромет, в Кавказском биосферном заповеднике Росгидрометом построено новое помещение лаборатории КФМ на основе быстровозводимых модульных конструкций взамен изъятого у станции.

Администрация Приокско-Террасного биосферного заповедника потребовала сократить площадь помещения, используемого станцией КФМ «Приокско-Террасный БЗ» более чем на четверть, поскольку химическая лаборатория и офис станции КФМ были размещены в административном здании заповедника, предоставлялись безвозмездно на основании Соглашения, а срок Соглашения уже истёк.

Несмотря на то, что на необходимость межведомственного взаимодействия для экологического мониторинга в ООПТ федерального значения было указано в Постановлении Правительства Российской Федерации от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» (Постановление..., 2013, п. 7), конфликты при взаимодействии подразделений Росгидромета и учреждений Минприроды России, управляющих ООПТ, обостряются. Существенной проблемой существования станций КФМ на заповедных территориях стало и то, что некоторые методы анализа, выполняемые в лабораториях станции, предусматривают использование реактивов, содержащих вещества первого класса опасности. Для их использования на федеральных ООПТ требуется обеспечение специальных мер безопасной утилизации отходов, не допускающих их выброс и сброс на ООПТ, что в сельской местности трудно реализовать.

**2014 год.** Принят Федеральный закон от 28.12.2013 № 406-ФЗ (ред. от 23.06.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Федеральный..., 2013) в котором исключена норма о ведении глобального экологического мониторинга в биосферных заповедниках России. Законодатель, видимо, не учёл, что наличие станции КФМ и ведение глобального экологического мониторинга не полностью тождественные друг другу понятия. Глобальный экологический мониторинг «*де факто*» выполнялся в большинстве российских биосферных заповедников в рамках программы «Летопись природы» в той мере, насколько хватает ресурсов. Это до сих пор остаётся «визитной карточкой» российских биосферных резерватов, и ничего другого, определяющего их статус, не предложено. Таким образом, из законодательства просто было вычеркнуто само понятие «глобальный экологический мониторинг».

**2015 год.** В своём выступлении на Всероссийском совещании по биосферным резерватам (Сочи, 2015 г.) заместитель директора профильного департамента Минприроды России В.Б. Степаницкий подвёл итог многолетнему периоду ведения КФМ в России, определив, что «идея создания на базе биосферных заповедников России широкой сети станций фонового мониторинга потерпела фиаско» (Степаницкий, 2015). С точки зрения реализации первоначально заявленных планов это утверждение руководителя можно признать обоснованным. Но, как мы показали выше, реализация планов в нашей стране больше зависела от геополитических и экономических условий, чем от правоты научной идеи.



**Рис. 3.** Автоматическая метеостанция на пробоотборном полигоне станции КФМ «Приокско-Тerrasный БЗ». Фото В.В. Горбатовского

**2016 год.** К этому году полная программа КФМ в странах СНГ выполнялась только на станции КФМ «Приокско-Тerrasный БЗ», где имеются полные ряды данных по всем основным приоритетным загрязняющим веществам. Также здесь проводятся наблюдения по программам ЕМЕП, МСП КМ, химического состава атмосферных осадков ГСА ВМО, регулярные измерения климатически активных газов (метан, углекислый газ). Станции КФМ в Воронежском, Астраханском и Кавказском биосферных заповедниках формально остаются станциями полной программы, но уже не могут в силу технического или кадрового оснащения выполнять всю типовую программу наблюдений.

Несмотря на проведённые ИГКЭ поисковые исследования в биосферном резервате – национальном парке «Смоленское Поозерье», биосферных заповедниках Сихотэ-Алинский, Волжско-Камский, Байкальский, Баргузинский, воссоздать закрытые или создать новые станции КФМ уже не удалось.

На исследовательском полигоне станции КФМ «Приокско-Тerrasный БЗ» в 2017 г. была установлена автоматическая метеостанция (рис. 3). За все 38 лет существования с 1982 по 2019 г. принципы организации работ и программа наблюдений не претерпели существенных из-



**Рис. 4.** Начальник станции КФМ «Приокско-Тerrasный БЗ» В.А. Аблеева в лаборатории проводит измерения загрязнения воздуха методом фотоколориметрии. Фото Ю.А. Буйволова

менений. Это произошло, прежде всего, благодаря энтузиазму и преданности идеи директоров Приокско-Тerrasного биосферного заповедника Е.С. Литкенса и М.Н. Брынских, начальника МосЦМС Росгидромета Ю.С. Осипова и начальника станции КФМ В.А. Аблеевой (она на рис. 4).

**2017 год.** На IV Конгрессе по биосферным резерватам в столице Перу Лиме принят Лимский план действий для программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ) и её Всемирной сети биосферных резерватов (Новая..., 2017), в котором впервые за историю Программы МАБ отсутствует задача экологического мониторинга глобальных изменений как абиотической, так и биотической части. Предложение российской делегации расширить пункт «А1.4. Использование биосферных резерватов в качестве приоритетных объектов и обсерваторий для проведения исследований, мониторинга и смягчения последствий изменения климата и адаптации к нему...», добавив «и мониторинг глобальных процессов антропогенного воздействия», было отклонено. Это обосновано тем, что в биосферных резерватах большинства стран

мира, за исключением России и США, практически не развиты углублённые научные исследования и мониторинг глобальных экологических процессов. Пункт А1.4 Лимского плана действий направлен на создание и развитие станций наблюдений за считающейся в настоящее время наиболее актуальной угрозой – изменением климата и влиянием этих изменений на социо-экологические системы, в том числе, для изучения баланса углерода. Таким образом, задача глобального экологического мониторинга на базе биосферных резерватов была исключена из актуальных документов Программы МАБ.

**2020 год.** По инициативе администрации Приокско-Террасного биосферного заповедника расторгается Соглашение о сотрудничестве. В 2020 г. руководство заповедника признало не соответствующим установленному порядку предоставление учреждением Минприроды России помещения для размещения офиса и лаборатории станции КФМ Росгидромета, а также транспорта для проведения наблюдений на территории заповедника, отбора проб поверхностных вод, почв и растительности. Однако стоит отметить, что пробоотборные участки расположены на постоянных пробных площадях, и сотрудники научного отдела администрации заповедника и станции КФМ помогли друг другу в сборе материала. При разводе каждая из сторон, естественно, проигрывает в полноте информации.

Таким образом, триумф, достигнутый в СССР конца 1980-х годов, по прошествии 30 лет сменился отказом от базового принципа взаимовыгодного сотрудничества государственных ведомств при реализации программы мониторинга и публичным объявлением о «фиаско самой идеи создания на базе биосферных заповедников России широкой сети станций фонового мониторинга».

## **Итоги и научные результаты**

Подводя итог более чем 40-летнему периоду существования системы КФМ в биосферных резерватах России, отметим, что на конец 2020 г. в России продолжают функционировать пять специализированных станции национальной сети КФМ Росгидромета, расположенных в Приокско-Террасном, Воронежском, Астраханском, Алтайском и Кавказском биосферных резерватах. Продолжаются наблюдения на станции в Березинском биосферном резервате – национальном парке Республики Беларусь. Планы создания новых станций остались в по-

вестке работ пока на уровне поисковых исследований. Данные шести станций КФМ составляют информационную основу фонового мониторинга на территории России и стран СНГ, наиболее полные ряды имеются для станции КФМ «Приокско-Тerrasный БЗ». Данные сети КФМ хранятся в компьютерной базе данных ИГКЭ «Фоновый мониторинг» и публикуются в ежегодных официальных информационно-аналитических изданиях: «Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации», «Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ», «Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации».

Полученные данные позволили составить комплексную характеристику загрязнения по 14 биосферным заповедникам в границах СССР, определить средние потоки загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность, установить некоторые закономерности аккумуляции (накопления) приоритетных загрязняющих веществ в природных объектах или определённых ландшафтах, их транслокации (перехода) из одной природной среды в другую и вызываемые под его воздействием эффекты (Буйолов, 2012; Буйолов, Вертянкина, 2015; Обзор..., 2017). Для Европейской части России, благодаря станциям КФМ в биосферных заповедниках, можно восстановить всю историю формирования уровней загрязнения фоновых территорий за период более чем в 30 лет.

Полученные результаты позволяют выявить и количественно оценить основные тенденции изменения загрязнения природных сред в Европейской части России. Так, высокие риски для экосистем, связанные с повышенным содержанием диоксида серы в атмосфере и закислением почв конца 1980-х годов, сегодня не актуальны на фоновом уровне, значения этих веществ в несколько раз ниже, чем 40 лет назад (рис. 5).

В то же время почти повсеместно возрастает уровень содержания окислов азота в атмосфере (рис. 6), и их выпадение на подстилающую поверхность близки и местами превышают критические величины, отмечается тенденция роста. В сочетании с климатическими изменениями это может проявиться в заповедных экосистемах изменениями видовой структуры сообществ, продуктивности, а также изменениями сукцессионной динамики (Шанин и др., 2019).

Определены базовые уровни содержания загрязняющих веществ в геофизических средах (атмосферный воздух, осадки, поверхностные воды, почвы и растительность), типичных для регионов, на которых расположены станции КФМ (табл. 2–6).

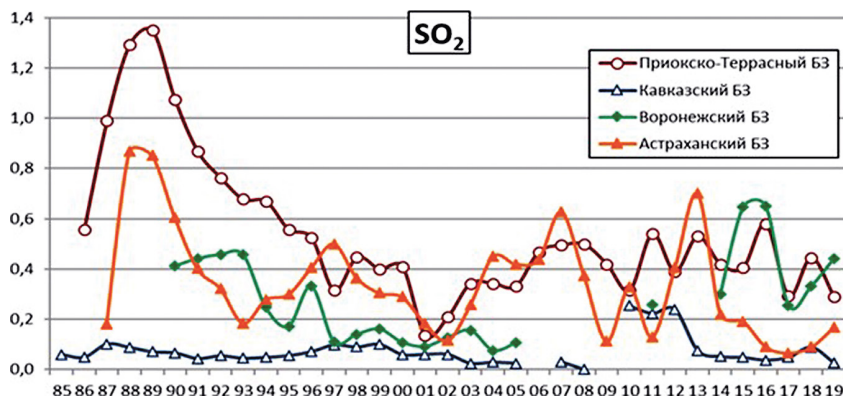


Рис. 5. Изменение фоновое содержание диоксида серы в атмосферном воздухе с 1985 по 2019 г. на станциях КФМ в биосферных заповедниках, мкг/м<sup>3</sup>

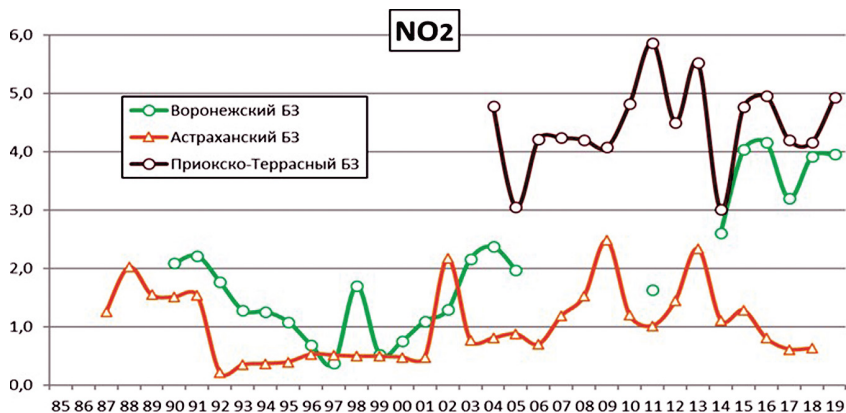


Рис. 6. Изменение фоновое содержание диоксида азота в атмосферном воздухе с 1987 по 2019 г. на станциях КФМ в биосферных заповедниках, мкг/м<sup>3</sup>

Анализ изменения содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на Европейской части России показывает, что наблюдавшееся в 1990-х годах снижение концентраций, обусловленное спадом промышленного производства, прекратилось к 2001 г., и прогнозируется тенденция роста фоновое загрязнения атмосферы по некоторым загрязняющим веществам.

Фоновый уровень загрязнения природных экосистем свинцом стал в несколько раз ниже, но возрастает уровень содержания поступления кадмия из атмосферы, а загрязнение ртутью и медью прак-

**Таблица 2.** Уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферных осадках биосферных заповедников по результатам наблюдений на станциях КФМ и среднегодовые концентрации за 2018–2019 гг.

Биосферный заповедник	Период наблюдений	Свинец, мкг/л		Кадмий, мкг/л		Ртуть, мкг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский	1982-2019	0,19-69,0	4,0	0,010-49,0	0,04	0,001-22,4	1,7
Приокско-Террасный	1983-2019	0,2-696,0	3,4	0,009-20,0	0,08	0,01-80,0	0,94
Астраханский	1987-2019	0,05-91,0	2,1			0,02-376,0	1,5
Воронежский	1989-2019	0,18-44,2	1,6	0,025-19,0	0,075	0,001-311,0	0,8
Алтайский	1998-2019	0,25-48,0	1,3	0,011-12,5	0,11	0,001-0,97	0,4

Биосферный заповедник	Период наблюдений	Бенз(а)пирен, нг/л		сумма-ДДТ, нг/л		γ-ГХЦ, нг/л	
		Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.	Диапазон	2019 г.
Кавказский	1982-2018	0,05-61,0	1,12*	1,01-1811	135*	0,25-240	52,5*
Приокско-Террасный	1983-2019	0,05-28,0	1,47*	1,5-1729	75,0	0,25-1296	4,9
Астраханский	1987-2019	0,05-22,72	1,08*	1,5-994	99,0	0,3-1397	54,4
Воронежский	1989-2019	0,05-10,4	1,28*	1,0-71748	45,1	0,23-48,9	8,0
Алтайский	1998-2018	0,1-14,0	1,05*	0,4-350	158*	0,1-398	29,1*

\* - данные последнего года наблюдений.

тически остаётся неизменным. С санитарно-гигиенической позиции текущие уровни содержания в почвах биосферных заповедников соединений свинца, кадмия и меди (см. табл. 3) не превышают величин ориентировочно допустимых концентраций тяжёлых металлов, что характеризует фоновый уровень загрязнения наземных экосистем России как экологически допустимый.

Спустя 40 лет можно с уверенностью сказать, что прогнозы поведения в природной среде хлорорганических пестицидов, прежде всего изомеров ГХЦГ и ДДТ, подтвердились (Остромогильский и др., 1987). По-прежнему в воздухе, атмосферных осадках и иных природных объектах присутствуют эти загрязняющие вещества (см. табл. 2, 5, 6), что подтверждает экологическую опасность производства и использования стойких органических ксенобиотиков. В отношении пестицида ДДТ и его метаболитов в почвах биосферных заповедников в последние годы регистрируются концентрации, в 3–5 раз меньшие установленного ПДК. Однако в ряде почв с суглинистым составом периодически отмечаются достаточно высокие остаточные концентрации пестицида, поступившего ранее из атмосферы. Так, суммарное содержание ДДТ и его метаболитов, численно превышающее величину 0,5 ПДК, зарегистри-

**Таблица 3.** Средние величины содержания тяжелых металлов (мг/кг) в почвах биосферных заповедников за 2015–2019 гг. и диапазоны значений показателей за 2009–2019 гг.

Биосферный заповедник	Опробованные почвы	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
<b>Центральный федеральный округ</b>							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	3,7-10,0	8,8	0,12-0,35	0,35	2,2-16,0	11,9
Приокско-Тerrasный	Дерново-подзолистые суглинистые	1,4-19,0	4,6	0,02-0,66	0,64	0,53-58,0	2,6
Воронежский	Дерново-подзолистые песчаные	1,30-31,0	3,4	0,03-0,50	0,07	1,4-7,5	1,4
<b>Южный федеральный округ</b>							
Кавказский	Горные бурые лесные суглинистые	6,3-29,0	29,0	0,05-0,32	0,16	7,8-27,6	15,1
Астраханский	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	1,5-12,6	12,6	0,07-0,43	0,43	9,7-14,5	14,5
<b>Приволжский федеральный округ</b>							
Волжско-Камский	Дерново-подзолистые суглинистые	2,9-12,0	3,2	0,05-0,56	0,11	2,6-20,4	2,6
<b>Сибирский федеральный округ</b>							
Алтайский	Горно-луговые суглинистые	3,7-12,5	5,4	0,05-0,80	0,22	6,10-57,0	8,5
Баргузинский	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	2,4-8,2	4,9	0,04-2,80	0,23	3,1-12,0	6,1
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>							
Командорский	Подзолы песчаные	5,2	5,2	0,17	0,17	10,4	10,4

стрировано в дерново-подзолистых почвах биосферных заповедников: Приокско-Тerrasного, Воронежского и Волжско-Камского, а также в горных мерзлотно-таежных почвах Баргузинского заповедника.

В растительности хлороорганические пестициды регистрируются на стабильно низком уровне концентраций, особенно для  $\gamma$ -ГХГЦ, но спорадически высокие значения ДДТ и его метаболитов отмечаются как в листьях деревьев, так и в зелёных органах напочвенного покрова, включая моховый ярус (см. табл. 6).

Содержание бенз(а)пирена в зелёных частях растений отражает региональный уровень рассеяния поллютанта в атмосфере и незначительно зависит от жизненной формы растения и/или его видовой принадлеж-

**Таблица 4.** Средние концентрации тяжелых металлов (мг/кг абсолютно сухой массы) в растительности биосферных заповедников в 2015–2019 гг. и диапазоны значений показателей за 2009–2019 гг.

Биосферный заповедник	Проба	Свинец, мг/кг		Кадмий, мг/кг		Медь, мг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./2019 г.
<b>Центральный федеральный округ</b>							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листья	0,3-7,3	1,2	0,18-0,96	0,90	-	5,3
	Липа, листья		3,4		0,39		9,2
	Черника, листья		0,3		0,22		8,0
	Мох		4,0		0,90		4,3
Приокско-Террасный	Береза, листья	0,1-7,3	7,3	0,15-3,50	0,46	0,7-20,0	2,8
	Разнотравье	0,5-1,5	1,0	0,16-0,71	0,32	1,9-9,0	5,0
Воронежский	Сосна, хвоя	0,5-6,2	6,2	0,17-3,00	3,00	-	0,4
	Береза, листья	-	2,1	-	4,80		6,0
	Черника, листья	-	2,2	-	0,48		3,1
	Осока	-	1,8	-	1,10		2,5
	Разнотравье	0,1-3,0	3,0	0,10-1,12	1,12		2,4
	Мох	3,1-10,3	10,3	0,40-0,90	0,90		-
<b>Южный федеральный округ</b>							
Астраханский	Ясень, листья	0,5-7,4	1,0	0,30-5,30	3,10	9,5-107,0	3,2
	Ветла, листья	0,6-2,7	0,6	3,50-29,70	29,70		5,6
	Тростник	0,6-3,3	0,6	0,81-0,92	0,92		4,1
	Ежевика	0,7-17,0	0,7	0,40-17,90	3,50		5,5
Кавказский	Разнотравье	0,54-2,6	1,1	0,10-2,50	0,92	2,8-24,6	24,6
<b>Приволжский федеральный округ</b>							
Волжско-Камский	Сосна, хвоя	1,3-2,9	2,5	0,25-0,50	0,40	3,7-18,0	4,2
	Клен, листья	-	1,9	-	1,80	-	3,8
	Рябина, листья	-	1,2	-	1,80	-	7,0
	Черника, листья	-	0,8	-	1,40	-	5,2
	Разнотравье	1,4-3,9	3,0	0,28-2,70	1,50	3,5-9,8	3,5
	Мох	4,0-42,0	37,0	0,70-1,40	0,80	4,2-11,0	5,0
<b>Сибирский федеральный округ</b>							
Баргузинский	Листва деревьев	0,4-0,543	0,5	0,33-0,88	0,60	0,5-4,0	2,3
	Кедр, хвоя	0,4-1,3	0,7	0,20-0,48	0,30	1,1-2,5	1,9
	Разнотравье	0,3-1,4	0,7	0,06-0,27	0,15	0,8-3,2	1,9
	Мох	1,0-3,5	2,2	0,30-1,30	0,60	2,3-3,2	2,7
Алтайский	Разнотравье	0,8-2,6	0,8	0,19-1,50	1,50	2,4-7,2	4,0
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>							
Командорский	Рододендрон	-	0,5	-	0,10	-	4,0

\* - нет данных

ности. Согласно последним наблюдениям, относительно повышенные концентрации бенз(а)пирена отмечаются в растительности Приокско-Террасного и Кавказского биосферных заповедников, наименьшие зна-

**Таблица 5.** Средние величины содержания органических загрязняющих веществ (мкг/кг) в почвах биосферных заповедников за 2015–2019 гг. и диапазоны значений показателей за 2009–2019 гг.

Биосферный заповедник	Опробованные почвы	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
<b>Центральный федеральный округ</b>							
НП Смоленское Поозерье	Дерново-подзолистые супесчаные	0,2-1,2	0,2	≤0,2-10,0	≤0,2	≤0,2-0,7	≤0,2
Приокско-Террасный	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,9	0,6	0,5-70,8	4,5	≤0,05-6,0	0,3
Воронежский	Дерново-подзолистые песчаные	0,1-18,1	0,9	0,5-77,9	21,7	≤0,05-10,2	10,2
<b>Южный федеральный округ</b>							
Кавказский	Горные бурые лесные суглинистые	0,08-1,4	0,2	0,5-41,1	18,5	≤0,05-5,6	0,7
Астраханский	Аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые	0,08-0,45	0,1	0,3-25,1	2,9	≤0,05-13,2	1,3
<b>Приволжский федеральный округ</b>							
Волжско-Камский	Дерново-подзолистые суглинистые	0,1-0,3	0,2	0,5-71,4	35,6	≤0,2-4,5	1,0
<b>Сибирский федеральный округ</b>							
Алтайский	Горно-луговые суглинистые	0,1-3,7	0,5	0,5-52,6	4,8	≤0,05-2,2	0,25
Баргузинский	Горные мерзлотно-таежные суглинистые	0,3-1,6	0,5	0,5-98,6	15,5	≤0,05-3,4	1,7
<b>Дальневосточный федеральный округ</b>							
Командорский	Подзолы песчаные	0,3/ - *	0,3	36,0	36,0	1,1	1,1
ПДК		20		100		100	

\* - нет данных

чения контролируемого показателя характерны для биосферного резервата – национального парка «Смоленское Поозерье» (см. табл. 6).

### О перспективах сети КФМ в биосферных заповедниках

Мы убеждены в том, что исключение глобального экологического мониторинга из приоритетов программы МАБ вовсе не служит основанием для прекращения таких работ в российских биосферных резерватах, а лишь вызов (от англ. challenge) для их восстановления и дальнейшего развития в России. Необходимость совмещения экологического мониторинга и мониторинга воздействия климата на экосистемы была изначально включена в концепцию глобального

**Таблица 6.** Средние концентрации органических загрязняющих веществ (мкг/кг абсолютно сухой массы) в растительности биосферных заповедников в 2015–2019 гг. и диапазоны значений показателей за 2009–2019 гг.

Биосферный заповедник	Проба	Бенз(а)пирен, мкг/кг		сумма-ДДТ, мкг/кг		γ-ГХГЦ, мкг/кг	
		Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.	Диапазон за декаду	2015 г./ 2019 г.
<b>Центральный федеральный округ</b>							
НП Смоленское Поозерье	Осина, листва	0,03-1,10	0,03	≤0,5-21,0	1,1-11,0 7,1	≤0,05-2,0	≤0,05-1,0 1,7
	Липа, листва		0,03				
	Черника		0,13				
	Мох		0,14				
Приокско-Террасный	Береза, листва Разнотравье	0,05-0,19	0,36	0,5-58,7	3,7	≤0,05-3,2	1,7
		0,16-0,58	0,58	0,5-54,4	54,4	≤0,05-3,8	2,4
Воронежский	Хвоя сосны	0,40	0,40	2,0-37,3	37,3	0,05-2,4	2,4
<b>Южный федеральный округ</b>							
Астраханский	Ясень, листва	0,12-0,30 0,18-0,37 0,12-0,27	0,20	0,77-78,7 ≤0,2-18,0 ≤0,5-28,2	118,3 4,4 18,0 28,2	0,3-2,6 нпо-0,3 нпо-4,5	0,7 0,5 нпо нпо
	Ветла, листва		0,18				
	Тростник		0,37				
	Ежевика		0,19				
Кавказский	Разнотравье	0,15-0,54	0,54	≤0,5-44,2	24,8	≤0,05-4,2	0,3
<b>Приволжский федеральный округ</b>							
Волжско-Камский	Сосна, хвоя	0,21-0,28	0,25	1,0-23,0	12,0	2,7-5,4	4,0
	Разнотравье Мох	0,07	0,07	3,0	3,0	2,0	2,0
		0,07-0,14	0,10	46,0-220,0	122,0	0,5-5,0	2,5
<b>Сибирский федеральный округ</b>							
Баргузинский	Листва деревьев	0,02-0,60	0,25	3,4	3,4	1,5	1,5
	Хвоя кедра	0,24-0,60	0,35	13,0	13,0	3,4	3,4
	Мох	0,24-0,60	0,33	-	-	-	-

экологического мониторинга и обсуждалась ещё на Первом Советско-американском симпозиуме в 1974 г. (Будыко, Кароль, 1975).

Да, сегодня стало очевидным, что многие используемые на сети КФМ методы химического анализа загрязнения природных объектов и сама программа мониторинга после 40 лет их использования нуждаются в кардинальной модернизации с приоритетом на использование автоматических средств измерения и высокотехнологических инструментальных методов.

В фоновых районах Азиатской части России не проводятся наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а восточнее Алтая станций КФМ нет совсем. Но в связи с активизацией промышленного освоения Сибири и Дальнего Востока именно там следует ожидать рост негативного воздействия на при-

родные экосистемы, а поэтому требуется расширение сети на восток (Громов, Парамонов, 2015). Необходимо восстановить наблюдения на закрытых в 1990-х годах станциях КФМ. Однако без существенного увеличения субсидий планы развития сети КФМ в биосферных резерватах России так и останутся не реализованными.

Но не менее важно, чем увеличение финансирования, установление порядка взаимодействия учреждений Минприроды России, управляющих федеральными ООПТ, и организаций Росгидромета. Органы исполнительной власти Российской Федерации предписывают подведомственным учреждениям затраты из федерального бюджета исключительно на потребности учреждения, а не для решения задач экологического мониторинга в целом. А ведь изначально идея КФМ заключалась в комплексном совместном подходе к проблеме, на заре создания системы было ясно, что без взаимовыгодного сотрудничества различных ведомств её реализация в полной мере невозможна.

Использование существующей сети КФМ и её развитие целесообразно и для выполнения обязательств России по мониторингу загрязнения природных сред в рамках выполнения международных конвенций, включая региональные: Конвенции ООН по ртути («Конвенция Минамата»), инициированной ЮНЕП – открыта для подписания 11 октября 2013 г. (Кумамото, Япония), подписана Россией 24 сентября 2014 г. (Нью-Йорк, ООН); Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (2001 г.), подписана Россией 22 мая 2002 г. (Нью-Йорк, ООН), вступила в силу 17 мая 2004 г., ратифицирована Россией 27 июня 2011 г. № 164-ФЗ; Тегеранской рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря (подписана 4 ноября 2003 г., вступила в силу 12 августа 2006 г.) в части мер по постоянному мониторингу окружающей среды и обеспечению Протокола по оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте.

Накопленный научный и организационный опыт КФМ на территории России и в кооперации со странами СНГ, разработанные и обновляемые методы измерений, накопленные ряды наблюдений за время структурных и географических изменений антропогенного воздействия на природную среду в России дают возможность сети КФМ предоставлять важную информацию и получать оценки фонового загрязнения и его изменений для территорий, не подвергающихся прямому антропогенному воздействию. До следующего конгресса биосферных резерватов остаётся менее 10 лет. И возможно, то, что

сегодня кажется фантастикой, а 40 лет назад было вполне реальным планом, ещё сможет осуществиться в ближайшем будущем.

**Благодарности.** Часть информации подготовлена в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120020490070-3 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фонового мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и её динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)» (План НИТР Росгидромета на 2020 г., т. 4.5). Обработка ряда сведений выполнена в рамках темы НИР по Плану Фундаментальных научных исследований государственных академий наук ГЗ № 0148-2019-0009 «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России».

### Литература

- Аналитический обзор загрязнения атмосферы соединениями серы и азота и оценка их выпадений в фоновых районах Восточно-Европейских стран – членов СЭВ (1982–1987). / Координац. центр стран-членов СЭВ по проблеме «Глобальная система мониторинга окружающей среды», Лаборатория мониторинга прир. среды и климата Госкомгидромета СССР и АН СССР / Под ред. Ф.Я. Ровинского. М.: Гидрометеиздат, Московское отделение, 1988. 75 с.
- Аналитический обзор загрязнения природной среды тяжелыми металлами в фоновых районах стран-членов СЭВ (1982–1988). / Координац. центр стран-членов СЭВ по проблеме «Глобальная система мониторинга окружающей среды», Лаборатория мониторинга прир. среды и климата Госкомгидромета СССР и АН СССР / Под ред. Ф.Я. Ровинского. М.: Гидрометеиздат, Московское отделение, 1989. 87 с.
- Аналитический обзор фонового загрязнения природной среды хлорорганическими соединениями и полициклическими ароматическими углеводородами на территориях некоторых Восточно-Европейских стран (1982–1989). / Координац. центр стран-членов СЭВ по проблеме «Глобальная система мониторинга окружающей среды», Лаборатория мониторинга прир. среды и климата Госкомгидромета СССР и АН СССР / Под ред. Ф.Я. Ровинского. М.: Гидрометеиздат, Моск.овское отделение, 1989. 87 с.
- Бардин М.Ю., Буйолов Ю.А., Воробьев В.А., Гинзбург В.А., Гитарский М.Л., Гладильщикова А.А., Громов С.А., Нахутин А.И., Потютко О.М., Прохорова Л.А., Ранькова Э.Я., Романовская А.А., Рябошапка А.Г., Седакин В.П., Семенов С.М., Черногаева Г.М.* Тридцатилетие Института глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля // *Фундаментальная и прикладная климатология.* 2019. Т. 1. С. 5–57.

- Биосферные заповедники. Тр. I Советско-американского симпозиума СССР. 13–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 272 с.
- Биосферные заповедники. Тр. II Советско-американского симпозиума. Л. Гидрометеиздат, 1982. 179 с.
- Будыко М.И., Кароль И.Л.* Глобальный климат и деятельность человека. // Всесторонний анализ окружающей природной среды. Тр. Советско-американского симпозиума, Тбилиси, 25–29 марта 1974 г. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 231–245.
- Буйволово Ю.А.* Загрязнение птиц Центрально-Лесного биосферного заповедника хлороорганическими ксенобиотиками. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация ВИНТИ. № 5. 1993. С. 83–93.
- Буйволово Ю.А.* Загрязнение лесных птиц хлороорганическими ксенобиотиками как интегральный показатель их нагрузки на лесные экосистемы // Автореф. дисс. канд. биол. наук. 1995. 20 с.
- Буйволово Ю.А.* Обзор состояния загрязнения природных сред в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике за период 1990–2011 гг. // Тр. Воронежского гос. заповедника. Воронеж, 2012. С. 29–42.
- Буйволово Ю.А., Вертянкина В.Ю.* Изменение фонового содержания экотоксикантов в экосистемах Приокско-Террасного биосферного заповедника за 30 лет наблюдений (1984–2013 годы) // Тр. Приокско-Террасного заповедника. Вып. 6. Тула, 2015. С. 34–55.
- Вирсма Дж. Б., Дэвидсон К.И., Майзелл С.А., Брекенридж Р.П., Бинда Р.Э., Халл Л.К., Херрманн Р.* Комплексный мониторинг в биосферных заповедниках смешанных лесов // Охрана природы, наука и общество. Материалы Первого Междунар. конгресса по биосферным заповедникам. Минск, Белорусская ССР, 26 сентября – 2 октября 1983 г. ЮНЕСКО-ЮНЕП. Т. 2. 1984. С. 114–119.
- Вирсма Дж.Б., Кёлер А., Больке К., Бейкер Г., Хармон М., Вебер К., Гонсалес Х.* Сеть станций комплексного фонового глобального мониторинга. Предварительные результаты исследований национальных парков Торрес-дель-Пайнс и Олимпик // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы. Тр. III Междунар. симпозиума. СССР. Ташкент, 14–19 октября 1985 г. Т. 1. Л.: Гидрометеиздат. 1986. С. 106–121.
- Воронова Л.Д., Денисова А.В., Пушкарь И.Г.* Наблюдения в рамках фонового мониторинга за загрязненностью диких животных хлороорганическими соединениями // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 6. Л.: Гидрометеиздат, 1990. С. 193–202.
- Всесторонний анализ окружающей природной среды. Тр. Советско-американского симпозиума, Тбилиси, 25–29 марта 1974 г. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 326 с.
- Всесторонний анализ окружающей природной среды. Тр. II Советско-американского симпозиума. Гонолулу, Гавайи, 20–26 октября 1975 г. / Гл. ред. Ю.А. Израэль. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 307 с.
- Гасилина Н.К., Ровинский Ф.Я., Болтнева Л.И.* Программа и методика комплексного мониторинга загрязнений в биосферных заповедниках // Биосферные заповедники. Тр. I Советско-американского симпозиума СССР. 13–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 146–151.

- Герман Р., Барон Дж. Мониторинг окружающей среды в национальных парках – биосферных заповедниках // Биосферные заповедники. Тр. II Советско-американского симпозиума. Л. Гидрометеиздат, 1982. С. 238–246.
- Гибсон Дж.Г. Национальная программа по атмосферным осадкам с учетом проблем, связанных с загрязнением атмосферы // Биосферные заповедники. Тр. II Советско-американского симпозиума. Л. Гидрометеиздат, 1982. С. 247–259.
- Громов С.А., Парамонов С.Г. Современное состояние и перспективы развития комплексного фонового мониторинга загрязнения природной среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2015. Т. XXVI. № 1. С. 205–221.
- Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка окружающей природной среды. Основы мониторинга. // Метеорология и гидрология. № 7. 1974. С. 3–8.
- Израэль Ю.А. Комплексный анализ окружающей среды. Подходы к определению допустимых нагрузок на окружающую природную среду и обоснование мониторинга // Всесторонний анализ окружающей природной среды. Тр. Советско-американского симпозиума Тбилиси, 25–29 марта 1974 г. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 17–25.
- Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Ровинский Ф.Я. Влияние загрязнений на биосферу и их мониторинг на базе биосферных заповедников // Биосферные заповедники. Тр. I Советско-американского симпозиума СССР. 13–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 20–24.
- Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 375 с.
- Израэль Ю.А. Основные принципы мониторинга окружающей природной среды и климата. В кн.: Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Тр. Междунар. симпозиума, Рига 12–15 декабря 1978 г. Л.: Гидрометеиздат. 1980. С. 5–14.
- Израэль Ю.А. Концепция экологического мониторинга и биосферные заповедники // Охрана природы, наука и общество. Материалы Первого Междунар. конгресса по биосферным заповедникам. Минск, Белорусская ССР, 26 сентября – 2 октября 1983 г. ЮНЕСКО-ЮНЕП. Т. 2. 1984. С. 271–274.
- Морган Дж.Б., Уиерсма Дж.Б., Барт Д.С. Мониторинг в биосферных заповедниках в целях выявления регионального фона загрязнений заповедниках // Биосферные заповедники. Тр. I Советско-американского симпозиума СССР. 13–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 234–247.
- Новая дорожная карта для программы «Человек и биосфера» (МАБ) и ее Всемирной сети биосферных резерватов. UNESCO. 2017. 65 с. [Электронный ресурс] URL: [https://www.wildnet.ru/images/phocagallery/2017/36/povaya\\_dorozhnaya\\_karta\\_mab.pdf](https://www.wildnet.ru/images/phocagallery/2017/36/povaya_dorozhnaya_karta_mab.pdf) (дата обращения 20.01.2021).
- Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2015 г. / Ред. Г.М. Черногаева, С.Г. Парамонов, Ю.А. Буйолов. М.: Институт глобального климата и экологии имени акад. Ю.А. Израэля, 2017. 176 с.
- Остромогильский А.Х., Кокорин А.О., Афанасьев М.И. Моделирование глобального круговорота ДДТ // Метеорология и гидрология. 1987. № 2. С. 37–45.

- Постановление Правительства Российской Федерации от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_147245/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_147245/) (дата обращения 20.01.2021).
- Ровинский Ф.Я. Комплексный фоновый мониторинг загрязнения окружающей среды // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. № 2. М.: ВИНТИ. С. 1–22. Л.: Гидрометеоздат. 1989. 224 с.
- Ровинский Ф.Я., Афанасьев М.И., Бурицева Л.В., Егоров В.И., Черханов Ю.П., Воронцов А.И., Юшкан Е.И., Пастухов Б.В., Алексеева Т.А. Материалы комплексного фонового мониторинга в биосферных заповедниках // Биосферные заповедники. Тр. II Советско-американского симпозиума. Л. Гидрометеоздат. 1982. С. 231–237.
- Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И., Денисова А.В., Пушкарь И.Г. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлороорганическими соединениями. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 270 с.
- Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 224 с.
- Степаницкий В.Б. Биосферные резерваты ЮНЕСКО в России на современном этапе: международный подход и отечественная специфика. Доклад на Всероссийском совещании по биосферным резерватам, Сочи, декабрь 2015 г. [Электронный ресурс] URL: <https://docplayer.ru/89412159-Biosfernye-rezervaty-unesko-v-rossii-na-sovremennom-etape-mezhdunarodnyu-podhodi-otechestvennaya-specifika.html> (дата обращения 10.01.2021)
- Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды / Ред. Ф.Я. Ровинский. М., Московское отделение Гидрометеоздата, 1986. 180 с.
- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения 20.01.2021)
- Федеральный закон от 28.12.2013 № 406-ФЗ (ред. от 23.06.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156527/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156527/) (дата обращения 20.01.2021)
- Шанин В.Н., Грабарник П.Я., Быховец С.С., Чертов О.Г., Припутина И.В., Шашков М.П., Иванова Н.В., Стаменов М.Н., Фролов П.В., Зубкова Е.В., Ручинская Е.В. Параметризация модели продукционного процесса для доминирующих видов деревьев Европейской части РФ в задачах моделирования динамики лесных экосистем // Математическая биология и биоинформатика. 2019. Т. 14. № 1. С. 54–76.
- Rovinsky F.Y., Afanasjev M.I., Burtseva L.V., Yegorov V.I. Background environmental pollution of the Eurasian continent. // Environ. Monit. Assess. 1982. V. 2. P. 379–386. <https://doi.org/10.1007/BF00416695>