

МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ ДАРВИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Н.А. Орлянский

Центр агрохимической службы «Вологодский», e-mail: gcas@vologda.ru

Представлен фоновый мониторинг заповедных территорий Вологодской области и дана оценка фоновому состоянию природных сред.

Ключевые слова: заповедник, макро- и микроэлементы, тяжелые металлы, радионуклиды, остаточные пестициды.

MONITORING AT STATE DARVIN BIOSPHERE RESERVE IN VOLOGDA REGION

N.A. Orlyanskiy

Presentation of background monitoring of reserve territories in Vologda region, appraisal of it's condition is showed.

Keywords: reserve, macro- and microelements, heavy metals, radionuclides, pesticides.

История Дарвинского заповедника неразрывно связана с историей Рыбинского водохранилища. Заповедник образован в 1945 г. практически одновременно с наполнением Рыбинского водохранилища до проектной отметки (1947 г.). Основной целью организации Дарвинского заповедника было сохранение уникальных природных комплексов Молого-Шекснинского междуречья и изучение изменений природы, происходящих под влиянием водохранилища. В декабре 2002 г. Дарвинский заповедник получил международный сертификат о включении его в список международных биосферных резерватов ЮНЕСКО.

В Дарвинском государственном природном биосферном заповеднике (ДГПБЗ) нет станции фонового мониторинга, но работы в этом направлении ведут по договору о научном сотрудничестве с ФГУ ГЦАС «Вологодский» с 1995 по 2009 гг. в рамках международной программы «Человек и биосфера».

Фоновый мониторинг – это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, дающая информацию о состоянии окружающей среды с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза изменения в будущем параметров окружающей природной среды, имеющих значение для человека. Для организации фонового мониторинга исключительно удобным объектом служат заповедные территории, испытывающие наименьшее антропогенное влияние.

Постоянный реперный участок № 27 был заложен в 1995 г. на территории заповедника, в его состав входят три стационарные площадки № 19, 21, 22, на которых были начаты научные исследования в 1947 г. Ежегодно основные блок-компоненты фонового мониторинга (почва – растения – вода) исследовали по широкому спектру показателей. Все отобранные образцы анализировали на содержание макроэлементов, микроэлементов, подвижных и валовых форм тяжелых металлов (ТМ), радионуклидов и остаточных количеств пестицидов, кроме того, зеленые мхи – на полный зооанализ (сухое вещество, NPK, протеин, сахара, клетчатка, зола, нитраты).

Почвы Дарвинского заповедника согласно почвенно-географического районирования, приурочены к Среднерусской провинции южно-таежной лесной зоны. Почвенные разрезы были заложены в разных элементарных ландшафтах Молого-Шекснинской низины: лишайнико-

во-зеленомошном бору и сосняке с березой торфянисто-сфагновом.

За период наблюдений с 1995 по 2009 гг. для почв трех стационарных площадок характерна сильноокислая реакция почвенного раствора от 2,7 до 4,0 ед. pH. Основным источником кислотности почвы – кислые продукты разложения микроорганизмами лесной подстилки. Состав поглощенных оснований указывает на низкое содержание обменных кальция от 0,6 до 1,6 и магния от 0,6 до 1,9 мг-экв/100 г почвы. Для данного типа почв характерно довольно высокая насыщенность подвижным алюминием, что обуславливает высокую гидролитическую кислотность от 7,8 до 14,5 мг-экв/100 г почвы.

По содержанию подвижного фосфора почвы характеризуются от низкого 32-36 мг/кг (площадки 21 и 22) до хорошего 165 мг/кг (площадка 19), малое содержание обменного калия в почвах трех площадок относится к низкой градации от 56 до 66 мг/кг почвы. Перечисленные агрохимические показатели характерны для дерново-подзолистых почв заповедника под покровом хвойных лесов с моховой подстилкой.

Содержание микроэлементов (В, Cu, Zn, Co, Mn, S) в профиле почв стационарных площадок довольно стабильное, негативных отклонений не обнаружено. Оно осталось в пределах прежних степеней обеспеченности и варьировало: по Cu, Zn, Co, S – низкое; по В и Mn – от среднего до хорошего. Оценка обеспеченности почв макро- и микроэлементами проведена по принятой в агрохимической службе градации.

Следует отметить, что сохранить почву в нативном состоянии в современных условиях практически невозможно, т.к. вся поверхность земного шара в той или иной мере подвержена техногенному воздействию. Особое внимание уделяется содержанию ТМ в почве, как наиболее токсичных среди загрязнителей.

В почвах заповедника определяли ТМ, относящиеся к разным классам опасности: (Cd, Hg, Pb, Zn, As) – 1 класс, (Cu, Ni, Cr, Co) – 2 класс и Mn – 3 класс. Экологическая оценка состояния почв включает определение валовых и подвижных форм ТМ и сопоставление полученных данных с санитарно-гигиеническими нормативами.

Основным показателем эколого-геохимического состояния почв служат данные валового содержания ТМ. Суммарный показатель загрязнения почв (Z_c) заповед-

ника составляет менее 16 единиц, что позволяет отнести их к первой категории (допустимое). Максимальное содержание валовых форм ТМ не превышало 0,45 ПДК (ОДК). Кроме данных о валовых формах необходимы и обязательны сведения о подвижных формах ТМ, так как именно они характеризуют способность ТМ переходить в сопредельные среды, прежде всего в растения. По величине содержания подвижных форм ТМ в почвах заповедника определен следующий ряд убывающей последовательности:



Сравнивая полученные данные с утвержденными ПДК, максимальное количество подвижных форм составило 0,17 ПДК. Отношение содержания подвижных элементов к их валовому количеству не превышает 20%. Данные таблицы 1 показывают, что концентрация солей ТМ в почвах заповедника ниже содержания в фоновых почвах и может быть принята за фоновый уровень для почв Вологодской области.

Исследованиями за период 1995-2009 гг. установлено, что содержание валовых и подвижных форм ТМ в почвах заповедника значительно ниже ПДК (ОДК) и возрастания их количества за этот период не отмечено. Практика показывает также, что уловить временную тенденцию изменения уровней антропогенного загрязнения почв трудно. Для этого требуются многолетние измерения и большая их статистика.

Контроль за содержанием, накоплением и миграцией ТМ по профилю почв стационарных площадок за этот период показал, что их поведение находится в тесной зависимости от типа почв. Для почвы площадки № 19 автоморфной, дерново-слабо-подзолистой по гранулометрическому составу песчаная – характерно максимальное содержание Zn, Pb, Hg, Mn в верхней части профиля, напротив концентрация Cu и As нарастает вниз по профилю аккумулируется в материнской породе, а Cd, Ni, Cr, Co – падает до глубины 40 см, а затем возрастает на глубине 40-60 см. Для почвы площадки № 21 полугидроморфной, торфянистой слабоподзолистой, глееватой пылевато-песчанной – наблюдается аккумуляция Pb и Mn в верхнем горизонте тогда, как Hg и Cu нарастает вниз по профилю, а Zn, Cd, Co, Ni, Cr и As максимальное содержание на глубине 40-60 см. Для почвы площадки № 22 гидроморфной, торфянистой среднеподзолистой, иллювиально-гумусовой, глееватой пылевато-песчанной – характерно рост концентрации вниз по профилю Cu, Zn, Mn, Co, Cd, Ni, Cr аккумуляция в материн-

ской породе, максимальное содержание Pb, As в верхнем горизонте профиля и Hg на глубине 40-60 см.

Для оценки радиационной обстановки и контроля за радиоактивным загрязнением почв за полевой период выполнен отбор почвенных проб. По радиологическим показателям – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, замеренная с помощью прибора СРП-68-01 за этот период, составила от 6,0 до 9,5 мкр/час и не превышает естественных природных значений. Отметим, что гамма – фон за время мониторинга в динамике на территории заповедника практически не изменился и находится в допустимых пределах. Содержание долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr не превышает $4,2 \pm 4,3$ Бк/кг и ^{137}Cs на уровне $16,8 \pm 5,3$ Бк/кг. Рассчитанная плотность загрязнения почв ^{90}Sr – $0,059$ Ки/км² и ^{137}Cs – $0,155$ Ки/км², что ниже допустимых уровней (0,1 и 1,0 Ки/км² соответственно).

Содержание естественных радиоизотопов ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra в почве заповедника не превышает природных значений и составляет соответственно 298 ± 79 , $9,3 \pm 6,9$, $12,0 \pm 10,5$ Бк/кг.

Контроль за миграцией и распределением радионуклидов по профилю почв показал, что независимо от типа почв наибольшее количество ^{90}Sr и ^{137}Cs задерживается в верхней части профиля (0-20 см) – величина кумулятивного накопления составила 60-70%; остальное количество распределялось в нижележащих горизонтах. Концентрирование радионуклидов, выносимых из более рыхлой лесной подстилки (опад хвои и листьев, мох, трава), в гумусовом горизонте обусловлено его аккумулятивными свойствами (высокое содержание гумуса и большая сорбционная способность).

Естественные радиоизотопы ^{232}Th и ^{226}Ra сравнительно равномерно распределяются по почвенному профилю, за исключением ^{40}K , содержание которого в нижних горизонтах возрастает.

Остаточные количества стойких хлорорганических пестицидов ДДТ и его метаболиты в почвах заповедника не обнаружены, ГХЦГ (сумма изомеров) обнаружены в горизонте 0-20 см в следовых концентрациях от 0,005 до 0,022 мг/кг, при ПДК 0,1 мг/кг почвы.

В зимних условиях наиболее удобно в качестве естественного планшета использовать снежный покров, который обладает способностью накапливать атмосферные выпадения. Мониторинг химического состава снежного покрова проводили на основе снегомерной съемки. Гидрохимическое опробование снега осуществляли в первой

1. Среднее содержание подвижных и валовых форм ТМ в почвах заповедника за 1995-2009 гг. (в сравнении с ПДК (ОДК) и фоновыми почвами)

Показатель	Содержание, мг/кг почвы (воздушно-сухой)								
	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr	Zn	Cu	Co	As
ПДК – подвижные формы ТМ	-	6,0	-	4,0	6,0	23,0	3,0	5,0	-
Почвы заповедника	0,04	0,78	-	0,39	0,21	2,0	0,40	0,33	-
ПДК (ОДК) валовые формы ТМ	0,5	32,0	2,1	20,0	-	55,0	33,0	-	2,0
Почвы заповедника	0,28	5,8	0,20	2,5	3,7	11,5	2,0	1,3	0,85
Фоновые почвы мира	0,42	20,0	0,10	-	-	-	-	-	7,4
Фоновые почвы Европы	0,47	35,0	0,19	-	-	-	-	-	10,0
Фоновые почвы ЕЧР	0,50	15,0	0,08	-	-	-	-	-	5,1
Почвы области	0,43	7,8	-	11,6	13,8	30,6	7,2	5,9	1,56
Примечание: сравнительные данные по фоновым почвам приведены для бореальных таежно-лесных подзолистых почв. ЕЧР – европейская часть России. ОДК – валовые формы ТМ взяты для почв легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные), которые преобладают в заповеднике.									

2. Содержание тяжелых металлов в лесной подстилке-мхе, мг/кг сухого вещества

Регион	Pb	Cd	Hg	As
ДГПБЗ	3,9	0,25	0,053	0,14
Европейская часть России	5,0-11,0	0,12-0,55	0,03-0,08	0,4-2,8
Европа	4,3-60,0	0,04-0,53	0,06-0,12	0,2-3,6
Средняя мировая оценка	8,0-25,0	0,10-1,20	-	0,2-7,0

и второй декадах марта, в период максимального снегонакопления, чтобы оценить приход примесей в природу за зимний период. Анализ химического состава снега показал превышение предельных концентраций за этот период по Zn от 1,7 до 5,1 ПДК и по Cu от 3,0 до 7,0 ПДК (превышение по ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственного назначения). По другим элементам превышение не обнаружено. Превышение по Zn и Cu, скорее всего, вызвано сравнительной близостью Череповецкого, Рыбинского и Ярославского промышленных центров, а также наличие в атмосферном воздухе глобального пула ТМ техногенного происхождения.

Анализ проб поверхностной воды из Рыбинского водохранилища за время мониторинга, не превышал ПДК химических токсикантов.

Как показали наши наблюдения, зеленые мхи отличаются более высоким уровнем накопления ТМ и радионуклидов, чем другие исследуемые нами растения. Это объясняется, с одной стороны, большой сомкнутостью растений, они растут компактными плотными подушками и поэтому захватывают все выпадающие аэрозоли из атмосферы, независимо от того, под каким углом выпадают эти аэрозоли, а с другой – их высокой сорбционной емкостью, которая объясняется биохимическими особенностями зеленых мхов.

Анализ данных измерений ТМ в пробах зеленых мхов показал, что содержание ТМ в растительном покрове по сравнению с данными 1995 г. практически не изменилось. Для сравнения в таблице 2 приведены данные по содержанию ТМ в лесной подстилке (мхи): ДГПБЗ и фоновых районов мира, полученные за последние 10-15 лет ядерно-физическими методами.

Систематические наблюдения в заповеднике показывают, что зеленые мхи на порядок больше содержат кадмия, ртути, марганца, чем многолетние бобово-злаковые травы, выращенные на землях сельскохозяйственных угодий. Например, в 2009 г. содержание кадмия в зеленых мхах составило 0,31 мг/кг, тогда как в бобово-злаковых травах максимальное содержание составляет – 0,044 мг/кг, тем самым подтверждается более высокая сорбционная емкость мхов.

Радиологический контроль растений показал, что зеленые мхи отличаются более высоким уровнем накопления радионуклидов, чем другие растения и подтверждается их более высокая сорбционная емкость. Содержание ^{137}Cs в зеленых мхах равно 49,4 Бк/кг, тогда как максимальное содержание в многолетних травах – 13,7 Бк/кг.

Существенный интерес представляет также вопрос, касающийся содержания в растениях мхов ^{90}Sr . Следует отметить, что еще в начальный период испытания ядерного оружия 60-е годы прошлого столетия было установлено, что радиоактивность зеленых мхов резко возросла и в последующие годы активность постепенно уменьшалась в связи сокращением ядерных испытаний.

Результаты многолетних наблюдений, которые систематически проводили в районе Дарвинского заповедника в 1962-1970 гг. Почвенным институтом им. Докучаева и в 1995-2009 гг. агрохимцентром, полностью подтвердили это положение. Для более подробного рассмотрения этого вопроса обратимся к таблице 3.

Содержание ^{90}Sr в зеленых мхах в 1962 г. составило 135,7 Бк/кг воздушно-сухой массы. В последующие годы, когда резко возросло испытание ядерного оружия, содержание ^{90}Sr значительно возросло и в период 1963-1965 гг. измерялось величиной 317,0 Бк/кг. Начиная с 1967 г. и в последующие годы уровень активности у этих растений постепенно уменьшался, и в 1970 г. он составил 181,6 Бк/кг, а в 2009 г. – 29,4 Бк/кг. Приведенные данные показывают, что растения мхов обладают высокой энергией сорбции ^{90}Sr . Поэтому систематические наблюдения за уровнем активности зеленых мхов могут дать полезную информацию о размерах загрязнения внешней среды долгоживущими радионуклидами.

Результаты токсикологических исследований показали, что хлорорганические пестициды в образцах зеленых

**3. Содержание ^{90}Sr в зеленых мхах
(*Pleurozium Schreberi*) ДГПБЗ,
Бк/кг воздушно-сухой массы**

Годы	<i>Pleurozium Schreberi</i>	Примечание
1962	135,7	
1963-1965	317,0	Среднее
1967	265,0	
1968	250,0	
1970	181,6	
1995	25,4	
1997-2000	26,8	Среднее
2001-2009	32,4	Среднее

мхов обнаружены в следовых количествах. Концентрация ГХЦГ соответствует значениям 0,007-0,02 мг/кг и ДДТ – 0,001 мг/кг.

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод, что содержание в почвах и зеленых мхах заповедника ТМ, радионуклидов и остаточных количеств пестицидов практически не изменилось с 1995 г. и территория заповедника весьма благополучна по этим показателям. Многие из этих показателей ниже фоновых заповедных территорий мира, Европы и Европейской части России. Концентрация ТМ в почвах заповедника может быть принята за фоновый уровень для дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава (песчаные, супесчаные) Вологодской области. Результаты фоновоего мониторинга на территории Дарвинского заповедника позволяют создать банк данных для комплексной оценки окружающей природной среды.