

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНОГО МАССИВА ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ г. ВОРОНЕЖА

Х. А. Джувеликян, В. В. Говоров, Л. А. Маслова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 12.10.2008 г.

Аннотация. Содержание солей тяжелых металлов и естественных радиоактивных элементов в атмосферном воздухе, почвах и водах в пригородном лесном массиве г. Воронежа находится на уровне и ниже уровня геохимического фона. Сравнительно высокое содержание бора (до 7 раз) и фтора (до 2 раз) в водах артезианских скважин (глубина до 100 м) объясняется его природным происхождением.

Ключевые слова: окружающая среда, тяжелые металлы, радиоактивные элементы, загрязнение.

Abstract. The maintenance salts of heavy metals and natural elements in atmospheric, soils and water in suburban forest in Voronezh has on the normal level and below the average level of geochemical background. High comparatively maintenance of boron (till 7 time) and fluorine (till 2 time) in water of artesian holes (depth till 100 mites) we can explain its natural provenance.

Keywords: environment, heavy metals, radioactive elements, pollution.

ВВЕДЕНИЕ

С середины XX началом XXI века биосфера земли подвергается повышенному антропогенному прессингу. На всех стадиях развития общества человек тесно связан с окружающим миром, но с тех пор как появились высокоиндустриальные общества, степень вмешательства человека в природу резко усилилось и она сейчас представляет особую опасность для человечества. По определению В.И. Вернадского [1], часть планеты, охваченная техногенезом, представляет собой особую систему — ноосферу, т.е. это новое геохимическое явление на нашей планете и в этой системе роль человека трудно переоценить. Тем не менее, если общее глобальное планетарное загрязнение принять за 100%, на долю естественного загрязнения (вулканы, цунами, пожары, пыльные бури и т.д.) приходится до 90%, а 10% — на «совести» у человека. Но эти 10% новых, ранее неизвестных природе загрязнений техногенного характера способны изменить мир. К настоящему времени перечень известных химических веществ и соединений приближается к 20 млн. наименований [2], среди которых десятки тысяч высокотоксичные, а у современного поколения людей не выработан механизм защиты от их агрессивного воздействия на организм.

Многочисленные отечественные и зарубежные исследователи окружающей среды свидетельствуют,

что ежегодная техногенная нагрузка на все объекты биосферы превышают сотни миллионов тонн химических веществ различного происхождения. Ежегодная добыча минерального сырья приближается к 100 млрд. т, а горные и строительные работы перемещают ≈ 1 км³ горных пород, сопоставимо с работой рек.

В начале XXI века на Земле добывается и сжигается до 4,5 млрд. т угля, 3,2 млрд. т нефти и нефтепродуктов, газ, торф, дрова и т.д. В результате этого в воздушный бассейн, водоемы и почвенно-растительный покров попадает огромная масса газопылевых выбросов техногенного характера. Только от работы металлургических предприятий на поверхность Земли ежегодно поступает до 150 тыс. т Сu, 120 тыс. т Zn, 90 тыс. т Pb, 12 тыс. т Ni, 1,5 тыс. т Mo, 800 т Co, 30 т Hg. От работы автотранспорта (более 750 млн. единиц в мире) в атмосферу выбрасывается около 180 млн. т вредных ингредиентов, в том числе более 500 тыс. т Pb — и это основной источник загрязнения почв Pb [3]. В бензинах России, которые по качеству сильно уступают иностранным маркам, содержание Pb колеблется в пределах 0,17—0,37 г/л, а в бензинах США, Японии, ФРГ до 0,15 г/л. Если учитывать, что по Российским дорогам «бегают» более 30 млн. автомашин, то на каждого жителя приходится до 200 кг газо-пылевого коктейля от выбросов только автомашин. Во всех видах загрязнения техногенного характера присутствует большинство извест-

ных макро и микроэлементов. Из 108 элементов Периодической системы Д.И. Менделеева более трех четвертей составляют металлы, играющие важную роль в жизнедеятельности всей биоты. К легким относятся металлы плотностью менее $4,5 \text{ г/см}^3$ — плотность Fe, которая принята за эквивалент. Это K, Na, Al, Be и др. По определению Н. Реймерса к ТМ относятся более 40 металлов с атомной массой свыше 50 атомных единиц и плотностью более 8 г/см^3 : V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. В категорировании ТМ особую роль играют следующие условия: высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях и способность к их биоаккумуляции. Практически все ТМ, попадающие под это определение (за исключением Cd, Hg, Pb и Bi, биологическая роль, которых до сих пор не полностью изучена) активно участвуют в биологических процессах и входят в состав многих ферментов. Большинство элементов являются жизненно важными для живых организмов и должны поступать из окружающей среды. Элементы, используемые в малых дозах — это микроэлементы, действующие в качестве координаторов ферментов и витаминов в организме. Элементы, используемые организмом в относительно большом количестве, являются макроэлементами — Na, Ca, P и др.

Наибольшую опасность для здоровья человека представляют химические соединения устойчиво сохраняющиеся в объектах окружающей среды и мигрирующие по экологическим цепочкам, поступая в организм человека с воздухом, водой и пищей. Это оксиды азота, серы, углерода, взвешенные вещества, ТМ, пестициды, ароматические углеводороды и др. Большинство из них высокотоксичные и относятся к I—II классу опасности. По данным немецких исследователей в городском воздухе по сравнению с чистым горным воздухом больше Cd — в 10 раз; As — 7,5 раз; Cr — 48 раз; Cu — 12,7 раз; Hg — 5 раз; Co — 46 раз.

Ранее проводимые нами исследования [4] показывают, что как в почвах, так и в воздушном бассейне, воде, почвах и растениях г. Воронежа содержание большинства вредных ингредиентов превышает допустимые санитарные нормы. Одним из факторов улучшающих состояние окружающей среды и здоровье населения являются как городские, так и лесные природные массивы, где в любое время года природа, остается (пока) не совсем техногенноопасной. Исследуемый нами участок (более 1000 га) лесного массива на правом берегу р. Усманка представляет собой естествен-

ную природную зону массового отдыха горожан и местом проведения учебной и производственной практики студентов биологического факультета МГУ, биолого-почвенного и геологического факультетов ВГУ.

Основной целью наших исследований было проведение комплексного изучения почвенного покрова и мониторинг физико-химических свойств воды артезианских скважин и поверхностных вод. Для выполнения поставленных задач, нами с 1999 по 2008 гг. проводились исследования почвенно-растительного покрова и водоемов для определения степени выраженности техногенной нагрузки на вышеуказанном участке. Полевые почвенные и камеральные работы выполнялись согласно методическим указаниям, принятым в почвоведении, подвижные формы солей ТМ — методом атомной абсорбции. Качество питьевой воды и воды открытых водоемов определялось в лаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Воронежской области».

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Для исследуемой территории характерны два основных типа материнских пород: современный аллювий поймы реки Усмань и древнеаллювиальные отложения надпойменных террас и водораздела, в прошлом перевеянные ветром. Рельеф поймы классический — прирусловое повышение, широкая равнина и притеррасное понижение укоренного берега. Надпойменные террасы и водораздел имеют волнисто-грядовый рельеф, представляющий собой чередование песчаных валов и западин, подстилаемых суглинками. Меняется и уровень грунтовых вод, так как значительно колеблется мощность песчаных наносов, подстилаемых суглинками. Днища западин могут быть сухими, переувлажненными, заболоченными, иногда в них формируются озера, например озеро Чистое и Угольное, расположенные к востоку от комплекса ВГУ. Ландшафтам и условиям увлажнения соответствует определенная растительность — сухой бор на вершинах песчаных гряд закономерно сменяет болотная растительность на днищах глубоких понижений.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТЬЕВЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД

Исследованиями В.А. Ковды 1973 г. [8] и В.В. Добровольского 1998 г. [9], установлено, что химические элементы мигрируют в основном в виде взвесей, будучи в составе минеральных, ор-

ганических и органоминеральных частиц, и в форме истинных и коллоидных растворов. Согласно исследований М.Н. Бугреевой 1997, 1998 [5], А.Я. Смирновой 1996, 1997, 1999 [6], И.М. Голубева 1989, 1991 [7] в центральной части Воронежской области подземные воды обогащены бором до 1,12 мг/л и молибденом — до 0,47 мг/л. В южной и юго-западной частях области концентрация бора в подземных водах достигает 1,34 мг/л. Известно, что на химический состав подземных вод большое влияние оказывают литологические особенности и химические свойства пород зоны аэрации, водосодержащих и подстилающих пород. Исследуемый нами участок относится к Усманскому подгоризонту Неогеново-четвертичного водоносного горизонта приуроченного к древнеаллювиальным отложениям. Удельные дебиты скважин составляют 2—6 л/сек, коэффициент фильтрации от 24 до 38 м/сутки.

Полученные данные свидетельствуют, что по физико-химическому составу питьевая вода за период исследования стабильно устойчива, без запаха и привкуса, мягкая. По всем показателям она соответствует требованиям СанПИН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» и ГН 2.1.5.1315-2003 «Предельно-допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов» за исключением бора и фтора (табл. 1).

Аномально повышенная концентрация В и F в воде может быть вызвана двумя обстоятельствами! Во-первых, на таких глубинах залегает большинство минералов с повышенным содержанием этих элементов и они вероятнее всего являются естественным поставщиком В и F в воду.

Во вторых, из возможных техногенных источников может служить открытая добыча железной руды в системе КМА, в процессе чего поднялся уровень грунтовых вод в региональном масштабе

Таблица 1

Химический состав воды артезианской скважины оздоровительного комплекса ВГУ «Веневитиново» за период 1999—2008 г.г.

Ингредиенты	ПДК	год				
		2000	2002	2005	2007	2008
Запах (в баллах)	2	0	0	0	0	0
Привкус (в баллах)	2	0	0	0	0	0
Цветность (в градусах)	20	10	10	10	10	10
Мутность (мг/л)	2,6ЕМФ	0,58	0,58	0,58	<1,0	<1,0
Водородный показатель рН	6—9	7,01	8,07	8,15	7,90	7,9
Фториды (ΣF^- мг/л)	1,5	1,20	2,70	2,60	2,75	3,18
Хлориды (ΣCl^- мг/л)	350	106,5	73,0	98,0	69,0	68,0
Окисляемость перманганатная (мг/л)	5,0	0,16	0,63	1,16	0,78	1,1
Бор (ΣB^- мг/л)	0,5	3,1	3,3	3,6	3,5	3,51
Железо (ΣFe^- мг/л)	0,3	0,30	0,23	0,20	0,38	0,33
Марганец (ΣMn^- мг/л)	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Нитраты (NO_3^- мг/л)	45,0	3,1	2,2	2,2	2,2	2,2
Аммиак (по N^- мг/л)	1,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Нитрит ион (NO_2^- мг/л)	3,3	0,060	0,012	0,003	0,060	0,003
Общая минерализация (сух. остат. мг/л)	1000	530	540	500	540	540
Жесткость общая (мг-экв/л)	7,0	0,7	0,7	0,7	0,7	1,1
Молибден (ΣMo мг/л)	0,25	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Мышьяк (ΣAs мг/л)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Санитарно-гигиенические показатели воды открытого водоема (р. Усманка)

Определяемые показатели	Результат исследования		ПДК
	2007	2008	
Плавающие примеси	нет	нет	Нет нефтяных пленок масел
Запах (в баллах)	1 балл (речной)	2 балла	2 балла
БПК-5	1,41 мг O ₂ /дм ³	1,72	4 мг O ₂ /дм ³
Водородный показатель pH	7,45	7,51	6,5—8,5
Хлориды (Σ Cl ⁻ мг/л)	21,9 мг/дм ³	20,0	350 мг/дм ³
Сульфаты (Σ SO ₄ ²⁻ мг/л)	27,2 мг/дм ³	27,1	500 мг/дм ³
Нитраты (NO ₃ ⁻ мг/л)	<0,1 мг/дм ³	<0,01	45 мг/дм ³
Аммиак (по N мг/л)	0,22 мг/дм ³	0,38	1,5 мг/дм ³
Нитриты (NO ₂ ⁻ мг/л)	<0,12 мг/дм ³	<0,02	3,3 мг/дм ³
Бор (В, суммарно)	<0,22	<0,2	0,5 мг/л

и работа Новолипецкого Metallургического комбината, который ежегодно выпускает в р. Воронеж более 60 млн³ сточных вод.

В период наблюдений за артезианскими скважинами (9 лет) массовая концентрация бора в питьевой воде превышена в среднем в 7 раз (3,1—3,5 мг/л при ПДК — 0,5 мг/л), а фтора — в 1,8 раз (2,6—3,18 мг/л при ПДК — 1,5 мг/л). В чем причина повышенного содержания этих элементов в воде с глубин четвертичного водоносного горизонта (более 100 м)? О техногенном загрязнении можно только предполагать теоретически, так как скважины расположены в 30 км от городской черты, да и по всей специфике предприятия города не могут быть источниками загрязнения воды этими элементами. Единственный источник повышенного содержания этих элементов, по нашему мнению, является сама природа.

В природе бор содержится более чем в семидесяти минералах (бура, кернит, сасолин, ашарит и др.). Средняя концентрация в мировом океане 4450 мкг/л, в речной воде 10 мкг/л. В ряде регионов бывшего СССР содержание бора в поверхностных и грунтовых водах повышено: в Северо-Западном Казахстане — 1,8—15,7 мг/л; в Западной Сибири до 9,4 мг/л; в Закарпатье до 203,7 мг/л. Среднее содержание в почве 1·10⁻³% (30 мг/кг). Большую часть бора концентрирует наземная растительность. Антропогенное поступление бора в окружающую среду происходит при разработке борсодержащих руд и применении удо-

брений с бором, со сточными водами металлургического, керамического, кожевенного и других производств. В сточных водах содержание бора может достигать 15 мг/л. Опасность для человека и животных могут представлять природные воды с высоким содержанием бора и её соединений. Для растений токсичная доза 700 мг/кг сухого вещества [10].

Повышенное содержание бора и фтора в отдельных регионах стран СНГ объясняется геохимическим природным фоном, то есть повышенное содержание этих элементов в артезианских водах имеет природное происхождение. До настоящего времени нет фильтров или установок по очистке воды от бора и фтора для широкого использования.

Пробы воды р. Усмани (табл. 2) отвечают требованиям СанПИН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»; ГН 2.1.1315-2003 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Из данных таблицы видно, что по всем показателям вода р. Усманка соответствует требуемым нормам, а содержание бора ниже ПДК.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

На исследуемой территории распространены две группы почв: аллювиальные почвы поймы и

песчаные почвы надпойменных террас и водораздела под лесой растительностью.

Пойма включает в себя три зоны: приустьевая пойма с почвами слоистыми легкого гранулометрического состава – песчаными и супесчаными; центральная пойма с зернистыми, темноокрашенными почвами суглинистого гранулометрического состава; притеррасная пойма (притеррасное понижение), представленная болотными и заболоченными почвами, глинистыми и иловатыми.

Аллювиальные дерновые слоистые почвы содержат валового гумуса в гумусоаккумулятивном горизонте обычно не более 2%. На правобережной редко затопляемой пойме к северу от «Веневитинове» образовались аллювиальные луговые зернистые почвы, темно-серый гумусовый профиль которых, напоминающий чернозем, сформировался при непосредственной и интенсивной роющей деятельности мезофауны. Эти почвы с близкой и нейтральной реакцией среды, имеют комковато-зернистую структуру, содержат более 5% валового гумуса и хорошо обеспечены доступными для растений элементами питания.

Из-за неглубокого залегания грунтовых вод (в межень — 1,5 м) горизонты АВ, В и материнская порода оглеены, ожелезнены и несут признаки смены окислительных условий восстановительными (ржавые, зеленовато-сизые пятна, железистые конкреции). Притеррасное понижение занимают аллювиальные лугово-болотные почвы под, преимущественно, осоковой растительностью с примесью разнотравья. Здесь меженный уровень грунтовых вод не опускается ниже 0,5 м, часто капиллярная кайма достигает дневной поверхности. Лугово-болотные почвы тяжелого гранулометрического состава содержат много органического вещества.

Лесные почвы сформировались под различными формациями древесной и ассоциациями травянистой растительности благодаря воздействию различных условий увлажнения. Они зависят от мощности песчаной толщи, на которой почвы образовались, уровня грунтовых вод, верховодки, оказывающих значительное влияние на структуру и состояние профиля.

Автоморфные дерново-лесные почвы приурочены к обширным, преобладающим в ландшафтном плане, сухим равнинным территориям, склонам и вершинам песчаных валов. Рельеф территории, отведенной биоцентру ВГУ «Веневитинове» неоднороден – северная и западная часть, прилегающая к пойме реки, несколько понижена и силь-

но расчленена песчаными грядами и понижениями. Здесь распространены собственно дерново-лесные песчаные почвы. Типичный профиль: О — опад; А — гумусоаккумулятивный горизонт мощностью до 10 см, серого с буроватым оттенком или светло-серого цвета, содержащий валового гумуса 1,5—2%, бедный элементами питания, с слабкокислой реакцией среды; ВС — песчаный, интенсивно-желтого цвета; С — желтый однородно окрашенный песок, постепенно переходящий на глубине 80—90 см в осветленный горизонт D. На относительно возвышенной равнинной части исследованной территории сформировались дерново-лесные псевдофибровые песчаные почвы, в горизонте С которых, с глубины 50 см или ниже, отмечены тонкие збровидные прослойки волнистой формы. Сильная обогащенность Fe_2O_3 придает им ржаво-бурый цвет. К глубине 1 м прослойки постепенно исчезают.

Полугидроморфные дерново-лесные глееватые песчаные почвы транзитной позиции рельефа сформировались при уменьшении мощности песчаного плаща и близком залегании грунтовых вод. Отличаются от других наличием осветленного горизонта С (оглеенная материнская порода), количество валового гумуса — около 3%, реакция среды кислая, а при преобладании в опаде хвои — сильнокислая (рН = 4). Дерново-лесные глеевые песчаные почвы подножий склонов и понижений (аккумулятивная позиция ландшафта), помимо осветленной материнской породы, несут признаки оглеения (ржавые, голубовато-, зеленовато-сизые пятна) уже с 10 см, интенсивность проявления которых с глубиной усиливается. По сравнению с остальными дерново-лесными, почвы понижений наиболее богаты гумусом (4%) и элементами питания, реакция среды слабкокислая или близкая к нейтральной. Дерновый процесс здесь наиболее выражен.

Гидроморфные почвы влажных западин представлены лугово-болотными торфяно-глеевыми почвами со средним уровнем грунтовых вод в межень 30—40 см. Верхний горизонт их — торфоподобная масса различной степени разложённости, сменяется грязносизым глеем постепенно переходящим в осветленный песок мраморовидной окраски.

ТМ В ПОЧВАХ

Из наиболее характерных почв по элементам рельефа отобраны почвенные образцы, проанализированные в сертифицированных лабораториях

(определялся ряд химических, физико-химических, физических свойств, подвижные формы ТМ (Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Co, Cr)).

Разные почвы в зависимости от генетического типа имеют разное распределение количеств подвижных форм тяжелых металлов (табл. 3).

Распространение подвижных форм большинства ТМ по профилю почв подчиняется определен-

ной закономерности. Максимальное содержание ТМ обнаружено в верхней, прокрашенной гумусом, части профиля, вниз их количество постепенно падает и стабилизируется на глубине 0,5—1 м в почвообразующей породе — рыхлом бесструктурном песке. Повышенное содержание ТМ в слое 0—30 (40) см связано с более тяжелым гранулометрическим составом и более высоким содержа-

Таблица 3

Подвижные формы ТМ в почвах Усманского бора

Почва	Глубина, см	Содержание ТМ, мг/кг								
		Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Cu	Ni	Co	Cr
Аллювиальная луговая	2—10	265,0	16,0	0,64	2,7	0,17	0,42	0,7	0,68	0,3
	10—20	220,0	12,0	0,37	2,3	0,10	0,47	0,7	0,68	0,3
	20—30	130,0	5,0	0,28	2,0	0,07	0,37	0,4	0,34	0,3
	30—40	280,0	5,9	0,33	1,4	0,10	0,24	0,7	0,50	0,3
	40—50	37,5	3,8	0,24	1,0	0,07	0,24	0,3	0,34	0,2
	60—70	115,0	2,8	0,16	1,0	0,07	0,24	0,2	0,18	0,3
Дерново-лесная псевдофибровая песчаная	2—10	43,0	34,0	0,58	2,0	0,10	0,07	0,3	0,34	0,5
	10—20	36,0	24,5	0,37	1,4	0,07	0,05	0,3	0,27	0,5
	20—30	31,0	9,0	0,42	1,7	0,04	0,09	0,3	0,34	0,2
	30—40	22,0	5,0	0,93	1,0	0,04	0,08	0,4	0,50	0,5
	40—50	25,8	1,6	0,42	1,0	0,04	0,07	0,2	0,50	0,5
	60—70	25,8	0,9	0,37	1,4	0,04	0,03	0,2	0,50	0,3
	80—90	16,5	Следы	0,28	1,0	0,04	0,02	0,2	0,27	0,3
100—110	17,4	Следы	0,28	1,0	0,07	0,02	Следы	0,18	0,3	
Дерново-лесная глееватая супесчаная	2—10	1,7	25,5	5,95	3,7	0,27	1,56	1,8	0,90	0,5
	10—20	1,9	32,0	7,4	1,7	0,17	1,75	1,3	0,59	0,5
	24—34	2,5	85,5	2,7	1,2	0,07	0,26	1,0	0,44	0,3
	40—50	2,5	16,0	1,3	0,8	0,04	0,12	1,0	0,59	0,3
	>70	17,4	4,7	1,15	0,8	0,04	0,12	0,3	0,50	0,2
Дерново-лесная глеевая ортзандровая песчаная	2—9	61,5	75,0	0,47	1,7	0,10	0,11	1,4	0,75	0,5
	9—20	22,0	15,5	0,2	1,7	0,07	0,09	1,1	0,50	0,3
	20—37	12,9	8,5	0,2	1,0	0,10	0,05	1,0	0,44	0,3
	37—65	12,0	12,0	0,33	1,4	0,07	0,14	1,0	0,44	0,3
Лугово-болотная	0—10	266,0	5,8	0,24	3,0	0,07	0,07	0,5	0,24	0,2
	10—20	220,0	5,0	0,33	1,7	0,04	0,03	0,4	0,30	0,2
	20—30	25,0	2,7	0,33	1,4	0,07	0,02	0,4	0,19	0,2
ПДК		—	80,0	23,0	6,0	—	3,0	4,0	—	6,0

нием валового гумуса, чем в нижней части профиля.

Несколько отличается от вышеописанного распределение по профилю различных типов почв подвижных форм железа, которое зависит от степени гидроморфизма и положения почвы по рельефу. В автоморфных дерново-лесных почвах элювиальной ландшафтной позиции количество железа падает постепенно, несколько возрастая на глубине залегания псевдофибр (50—80 см). В дерново-лесных глееватых песчаных почвах транзитной позиции ландшафта максимальное содержание подвижного железа обнаруживается на глубине 0,5 м или несколько ниже, что, в отсутствие псевдофибр, объясняется весенним поднятием уровня грунтовых вод, в результате которого железо мигрирует с капиллярной влагой. В результате сезонного колебания уровня грунтовых вод, при котором дерново-лесные глеевые песчаные почвы часто промачиваются до дневной поверхности, подвижное железо откладывается в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте. Наибольшее содержание подвижного железа среди лесных почв обнаружено в лугово-болотной почве аккумулятивной позиции ландшафта — 266 мг/кг (0—10 см), к глубине 20—30 см оно резко падает до 25 мг/кг.

Содержание подвижных форм ТМ в пойменных аллювиальных почвах в целом не отличается от дерново-лесных почв. В аллювиальной луговой слоисто-зернистой среднесуглинистой почве зафиксировано некоторое превышение содержания Cu (0,44 мг/кг) относительно почв под пологом леса, где максимальное содержание Cu — 0,11 мг/кг; количество подвижного Fe на пойме сравнимо с лесной лугово-болотной почвой (265 мг/кг — в аллювиальной луговой почве, 266 мг/кг — в лугово-болотной почве), что говорит о единой природе происхождения подвижных форм железа на данной территории и отсутствии более или менее заметно уровня загрязнения почв данным металлом.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы: содержание подвижных форм ТМ в почвах Усманского бора не превышает ПДК. Максимальное содержание ТМ обнаружено в верхней части почвенного профиля, вниз их количество постепенно падает и стабилизируется на глубине 0,5—1 м в почвообразующей породе. Распределение подвижных форм железа по профилям различных типов почв зависит от степени гидроморфизма и положения почвы по рельефу. Максимальные концентрации Fe зафиксированы на уровне капиллярной каймы грунтовых вод.

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Исследованиями А.И. Щеглова, О.Б. Цветковой и А.С. Новикова (каф. радиоэкологии МГУ) в 2006 году [11] установлено, что изученный регион относится к зоне влияния чернобыльского следа. Перед аварией средние уровни загрязнения по ^{137}Cs здесь составляли 2,2 кБк/м², после аварии — от 4 до 20 кБк/м² (0,1—0,54 Ки/км²) (Атлас..., 1998). На данный момент радиационная обстановка благоприятна.

Удельная активность естественных радионуклидов в почвах ненарушенных экосистем невелика и составляет следовые количества. Исключение составляет ^{226}Ra , среднее содержание которого доходит до 30 Бк/кг, что близко к естественному геохимическому фону. Относительно большие количества естественных радионуклидов (в первую очередь ^{40}K) отмечаются в почвах нарушенных участков (спортивно-оздоровительный комплекс), что, видимо, связано с уровнем и спецификой антропогенной нагрузки на эти участки. Однако и отмеченное содержание ^{40}K также не превышает естественного геохимического фона.

При оценке радиоэкологической обстановки необходимо учитывать особенности распределения естественных и искусственных радионуклидов в почве. В профиле, сформированных на данной территории почв, распределение радионуклидов различно (табл. 4).

Содержание естественных радионуклидов в почвах, в первую очередь, зависит от наличия и концентрации в материнской породе, а профильное распределение этих элементов в целом определяется течением почвообразовательных процессов, в связи с этим максимальные концентрации рассматриваемых элементов, как правило, отмечаются в более глубоких почвенных горизонтах.

В водных окосистемах радиоактивные элементы как техногенного, так и естественного происхождения преимущественно аккумулируются в донных отложениях. Содержание природных радионуклидов в донных отложениях исследованной территории в целом близко к их содержанию в почвах (табл. 5).

Объемная активность ^{222}Rn (измерения проводили радиометром радона РРА-01М-01) в пробах воды озер, р. Усмань, геофизических скважин ВГУ, заложенных в пойме р. Усмани (2Н, 3Н) и на территории самого комплекса (СКВ. 11/89), ниже предела обнаружения (5 Бк/л) или находятся на границе предела обнаружения — 6 Бк/л (родник Маклок).

В настоящее время радиоэкологическая обстановка на территории спортивно-оздоровительного комплекса Веневитиново и прилегающих к нему участках Сомовского мехлесхоза является благоприятной и не создает специфических ограничений для проживания и отдыха населения, природопользования и строительства (основные правила..., 1999). Концентрация естественных радиоактивных элементов по значениям средних показателей для различных радионуклидов в большинстве случаев находится ниже уровней геохимического фона; плотность радиоактивного загрязнения почв по ^{137}Cs составляет 10—12 кБк/м², что почти в 4 раза ниже нормативного критерия 1 Ки/км² (37 кБк/м²).

ВЫВОДЫ

На участке лесного массива пригородной зоны г. Воронежа площадью более 1030 га проведены комплексные исследования почвенно-растительного покрова и водоемов. Установлено, что по физико-химическим свойствам, содержанию подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) и естественных радионуклидов исследуемый участок не представляет экологической опасности для населения. Содержание ТМ и радионуклидов в почвах, атмосфере и водоемах находится на уровне фона и не превышает ПДК. Максимальное содержание ТМ обнаружено в верхней части почвенного профиля, вниз их количество постепенно падает и стабили-

Таблица 4

Распределение естественных и искусственных радионуклидов в профиле почв сопряженных элементов рельефа (данные А.И. Щеглова и др.)

Ландшафт	Горизонт	Удельная активность радионуклидов (Бк/кг вещества, высушенного при 105 °С)			
		^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs
Эллювиальный	О	«—»*	3,12	«—»	279,0
	А	«—»	«—»	13,57	4,13
	С ₁	«—»	0,56	3,53	0,89
	С ₂	«—»	«—»	«—»	0,07
	Д	«—»	1,08	«—»	«—»
Аккумулятивный	О	49,68	8,31	4,01	220,6
	А	«—»	«—»	«—»	132,0
	С ₁	«—»	«—»	3,39	25,63
	С ₂	«—»	0,61	2,66	0,48

* — ниже детектируемого уровня

Таблица 5

Содержание основных техногенных и природных радионуклидов в донных отложениях (данные А.И. Щеглова)

Место обследования	Удельная активность радионуклидов (Бк/кг вещества, высушенного при 105 °С)			
	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs
болото Клюквенное-1	«—»*	«—»	5,73	143,17
озеро Угольное	«—»	«—»	29,32	896,31
озеро Чистое	48,51	6,88	12,67	400,14
р. Усмань	«—»	«—»	3,40	0,41

* — ниже детектируемого уровня

зируется на глубине 0,5—1 м в почвообразующей породе. Распределение подвижных форм железа по профилям различных типов почв зависит от степени гидроморфизма и положения Fe зафиксированы на уровне капиллярной каймы грунтовых вод.

Вода артезианских скважин (глубина около 100 м) по 18 показателям соответствует ГОСТу, за исключением бора (3,10—3,58 мг/л (ПДК — 0,5 мг/л)) и фтора (2,07—3,18 мг/л (ПДК — 1,5 мг/л)). Сравнительно повышенная концентрация бора и фтора в воде объясняется ее природным происхождением, т.е. геохимическим фоном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Биосфера: избр. соч. / В.И. Вернадский. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 1—5.
 2. Ковальский В.В. Геохимическая среда в жизни / В.В. Ковальский — М.: Из-во Наука, 1982. — 247 с.
 3. Бутовский Р.О. Автотранспортное загрязнение и энтомофауна / Р.О. Бутовский // Агрохимия. — 1990. — №4. — С. 139—149.
 4. Джувеликян Х.А. Экология и человек / Х.А. Джувеликян. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1999. — 364 с.
 5. Бочаров В.Л. Экологическая геохимия марганца / В.Л. Бочаров, М.Н. Бугреева, А.Я. Смирнова. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1998. — 160 с.
 6. Смирнова А.Я. Химический состав грунтовых вод Воронежской области как основа прогнозирования экологического состояния водозаборов / А.Я. Смирнова, М.Н. Бугреева // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. — Воронеж, 1997. — №3. — С. 118—121.
 7. Голубев И.М. К геохимической экологии человека в Тамбовской области / И.М. Голубев // Проблемы геохимической экологии: Тр. Биохим. Лаб. — М.: Наука, 1991. — Т. 22. — С. 92—119.
 8. Ковда В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда — М.: Наука, 1973. — Кн. 2. — 468 с.
 9. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский — М.: Высшая школа, 1998. — 413 с.
 10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I—IV групп / Справочник под ред. В.А. Филова / Л., Химия, 1988. — 512 с.
 11. Щеглов А.И. Научно-образовательный и спортивно-оздоровительный комплекс «Веневитиново» / А.И. Щеглов, О.Б. Цветкова, А.С. Новиков — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. — 107 с.
-

Джувеликян Хачик Акопович — доктор биологических наук, директор комплекса Воронежского государственного университета «Веневитиново»; тел. (4732) 208-577

Говоров Вячеслав Владимирович — к.б.н., науч. сотр. общества с ограниченной ответственностью ВЕГА-ЭКО; тел. (4732) 212-585

Маслова Людмила Александровна — студентка 5 курса кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами биолого-почвенного факультета Воронежского государственного университета; тел. (4732) 208-577

Dguvelikan Hachek A. — doctor of biological science, director of complex Voronezh State University “Venevitinovo”; tel.: (4732) 208-577; e-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Govorov Vladimir V. — candidate of biological science, member of organization VEGA-ECO; tel.: (4732) 212-585

Maslova Ludmila A. — student of biological faculty Voronezh State University; tel.: (4732) 208-577; e-mail: bssoil@bio.vsu.ru