

<b>А. Г. Савельев</b> <b>ЛЕГЕНДАРНЫЙ ГЕРОЙ</b> (к 75-летию со дня рождения дважды Героя Советского Союза генерал-лейтенанта артиллерии В.С.Петрова)	364
<b>А. Н. Шишкин</b> <b>ВОЙНА. Л. А. ГОВОРОВ. КУЛЬТУРА ЛЕНИНГРАДА</b>	365



## НАШ ГОРОД

<b>Э.И.Слепня, В.И.Лебедев, Г.В.Арсеньева (Митрукова), А.Н.Алексеев, Т.В.Бибикова, И.К.Борейша, А.Л.Браверман, В.А.Бузун, Л.Н.Волошко, Н.М.Грефнер, И.Я.Гудкова, О.Ф.Дзюба, А.И.Епихин, Е.В.Козминский, Л.И.Крупкин, А.Н.Кудрина, И.А.Маулини, М.А.Надпорожская, И.Н.Петрова, О.А.Ривкина, Е.А.Седоц, С.М.Сергеев, Т.Н.Смекалова, М.П.Солнцева, Н.Л.Соловьева, Л.А.Фарсов, Н.В.Хлебович, И.И.Шаверина, Н.А.Шейнман, Б.А.Шишкин, Т.Л.Яковлева</b> <b>ПРИРОДНАЯ СРЕДА ЛЕНИНГРАДСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ</b> (г.Сосновый Бор Ленинградской области)	366
<b>А. И. Ветютин</b> <b>ЗА БЕЗОПАСНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ</b> <b>ЛЕНИНГРАДСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ</b>	441
<b>М. Е. Скрыбин</b> <b>РЯБИНОВЫЙ СОК (Рассказ)</b>	444



## СПРАВКИ. ОБЪЯВЛЕНИЯ. ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

<b>= Учись сам! =</b>	
<b>Ю. Шербатов</b> <b>ВНУТРЕННЯЯ КОНТРАРАЗВЕДКА</b>	450
Общие критерии распознавания обмана как основа личной безопасности	
<b>Л. А. Осокина</b> <b>КАК СПАСИТЬСЯ ПОСЛЕ КОРАБЛЕКРУШЕНИЯ</b>	453
Рецензия на книгу В.Г.Булавчика, А.В.Потапова, И.П.Козырина «За бортом не по своей воле», СПб., ВВМУ, 1996, 136 с.	
<b>ПОЗДРАВЛЯЕМ!</b>	456
<b>Н. В. Чумаченко</b> <b>НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ВСЕОБЪЕМЛЯЮЩАЯ МАТЕРИАЛЬНАЯ СРЕДА (ВМС)</b> <b>МИРОВОМ МАТЕРИАЛЬНЫМ ЭФИРОМ?</b>	457
<b>К.Н.Хараузов</b> <b>ПОЧЕМУ ВАНГА МОГЛА ВИДЕТЬ БУДУЩЕЕ?</b>	457
<b>= Как пишут =</b>	
<b>Ю. В. Гуль</b> <b>ЗЕМНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ</b>	459
<b>= Рекомендации «пожилым» =</b>	
<b>В. М. Рачков</b> <b>ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ</b>	461
<b>= Новости России =</b>	
<b>Е. Т. Протасевич, г. Томск</b> <b>НОВАЯ КНИГА</b>	462
<b>Г. С. Розенберг, Г. П. Краснощекое, г. Тольятти</b> <b>РЕЦЕНЗИЯ</b>	463
Безопасность жизнедеятельности и охраны природы. В двух частях. /Под ред. проф. Д.В.Гелашвили. — Нижний Новгород. Изд-во ННГУ. — Ч.1 — 1995, 152с.; Ч.2 — 1996, 224 с.	
<b>РЕЦЕНЗИЯ НА ПРОЕКТ И ЭСКИЗЫ МЕМОРИАЛА</b> <b>СВЯЩЕННОСЛУЖИТЕЛЯМ, ОТДАВШИМ ЖИЗНЬ ВО ИМЯ ИСТИННОЙ ВЕРЫ</b> <b>ЗА ВЕСЬ ПЕРИОД ХРИСТИАНСТВА</b>	465

## НАШ ГОРОД



(г. Сосновый Бор Ленинградской области)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АГ



В. И. Лебедев

Родился 3 ноября 1947 г. в г. Тейково Ивановской области. В 1966 году поступил и в 1971 году окончил Ивановский энергетический институт по специальности «Автоматизация тепловых энергетических процессов» с присвоением квалификации инженера-теплотехника по автоматизации. В 1972 году поступил и в 1995 году окончил Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров при Санкт-Петербургском Университете экономики и финансов с присвоением квалификации бухгалтера-экономиста. В 1996 года В. И. Лебедев награжден Серебряной медалью Международного салона изобретений в г. Брюсселе за создание прогрессивной техники управления ядерного реактора.

Избран действительным членом Международной Академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ) и действительным членом Международной Академии информатизации (МАИ).

Основные этапы трудовой деятельности:

1970 — 1971 г.г. — лаборант цеха автоматики Сибирского отделения Орг ГРЭС.

1971 — 1974 г.г. — инженер Цеха тепловой автоматики и измерений Ленинградской атомной электрической станции.

1974 — 1975 г.г. — старший инженер информационно-вычислительной системы «Скала» Цеха тепловой автоматики и измерений Ленинградской атомной электрической станции.

1975 — 1983 г.г. старший мастер по ремонту информационно-вычислительной системы «Скала» Цеха тепловой автоматики и измерений Ленинградской атомной электрической станции.

1983 — 1987 г.г. начальник Цеха тепловой автоматики и измерений Ленинградской атомной электрической станции.

1987 — 1996 г.г. — Главный инженер Ленинградской атомной электрической станции.

С 1996 г. по настоящее время Директор Ленинградской атомной электрической станции.



Э. И. Слепян

Родился 23 июня 1931 г. в Ленинграде.

Выпускник Биолого-почвенного факультета Ленинградского государственного университета.

Избран действительным членом Российской Академии естественных наук, Российской экологической академии, Жилищно-коммунальной академии Российской Федерации, МАНЭБ и ряда других академий, является учредителем Ассоциации «Клуб «Невский проспект» и Балтийского Фонда экологической безопасности.

Основные этапы трудовой деятельности:

1955 г. — получение диплома о высшем образовании,

1963 г. — защита диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук,

1971 г. — защита диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук,

1971 г. — присвоение звания Старший научный сотрудник с получением Аттестата,

1990 г. — присвоение звания Профессора с получением Аттестата.

Опубликовал более 500 научных, публицистических и научно-популярных статей и книг.

С 1992 г. по настоящее время — Генеральный директор Международного научно-исследовательского и прикладного академического Центра сравнительной и экологической патологии и биологического контроля, с 1987 г. по настоящее время является Председателем Организационного Бюро Санкт-Петербургского регионального постоянно действующего научно-практического экологического семинара (до 1998 года — по проблемам нарушения и восстановления экологических систем).

## ВВЕДЕНИЕ

Обоснование, создание, проектирование, строительство, эксплуатация и ремонт атомных электрических станций, а также объединение атомных электрических станций в целостные атомно-энергетические комплексы, привели к возникновению принципиально новых экологических проблем, успех разработки которых во многом предопределяет прогресс атомной энергетики, ее совершенствование. Одна из наиболее существенных среди этих проблем — обеспечение экологической оптимизации, во-первых, взаимоотношений производств, характеризующих станции с системой обязательных для них технологий, и природной среды пространства земной поверхности, занимаемых станциями (т.е. участков биосферы, ограниченных территориями производственных зон станций), и, во-вторых, взаимоотношений станций как целого с природной средой окружающих их пространств (по радиусу трехкилометровых санитарно-защитных зон, тридцатиклометровых зон наблюдения и, далее, более отдаленных территорий, сведения о которых в целом существенны в связи с потенциальной возможностью наступления непредвидимых чрезвычайных ситуаций). Мера экологической оптимизации природной среды станций отражает меру минимизации их потенциальной экологической опасности.

Важнейшее условие обеспечения экологической оптимизации в пределах участков биосферы, занимаемых и преобразованных атомными электрическими станциями, — создание об этих участках объективных представлений, объединяющих геоэкономические, экологические, биологические и иные информативные сведения. Специальные экологические сведения об атомных электрических станциях, вместе с тем, все еще далеки от требуемой полноты (ср.: Егоров, 1992, и др.).

Следует подчеркнуть необходимость установления как общих закономерностей, характеризующих сущность экологических процессов, осуществляющихся в природной среде территорий производственных зон атомных электрических станций вне зависимости от типа (категории) последних, так и частных закономерностей, отражающих экологическое своеобразие атомных электрических станций каждого из их основных типов (основных категорий). — станций с реакторами большой мощности канальных, станций с водо-водяными энергетическими реакторами, станций с реакторами на быстрых нейтронах и т.д., а также, после создания и начала эксплуатации, атомных станций теплоснабжения и атомных теплоэлектроцентралей.

Особое значение имеет установление экологических закономерностей, характеризующих территорию производственной зоны Ленинградской атомной электрической станции (г. Сосновый Бор Ленинградской области), так как исторически (см.: Акутин и соавт. 1984, Рендель, 1990, и др.) и по показателям энергетического потенциала (см.: Eurasto et al. 1993, и мн. др.) ее функция в государственной энергетической системе весьма велика. Ленинградская атомная электрическая станция — одна из основных среди двадцати предприятий (см.: Измалков, 1984а), характеризующихся в Ленинградской области и

в Санкт-Петербурге потенциальной радиационной опасностью (радиационным риском), одно из основных производственных предприятий Северо-Западного региона России и в первую очередь Ленинградской области, которое во второй половине XX столетия стало важнейшим по значению техногенным составляющим занимаемого областью пространства биосферы.

Принципиальные отличия природной среды территорий производственных зон атомных электрических станций —

1. возникновение, формирование и становление в процессе строительства, эксплуатации и ремонта, т.е. на протяжении исторически достаточно ограниченного срока;

2. постоянная подверженность множественным химическим, химико-физическим, физическим, в том числе механическим, физико-химическим, биологическим и собственно экологическим (геоэкологическим и биоэкологическим) повреждающим воздействиям из стационарных и нестационарных источников (включая воздействия, обусловленные космогенными выпадениями и атмосферными выпадениями и зависящие от атмосферного массопереноса);

3. пространственно-временные (суточные, недельные, месячные, сезонные, годовые и многолетние) изменения активности, сочетаний и направленности техногенных повреждающих воздействий по градиентам от их внутренних локальных (стационарных) источников (специализированных производств, складов отходов, инженерных сооружений и сетей, и т.д.);

4. ограниченная способность к самовосстановлению, в том числе к химическому анзиматическому и незиматическому самоочищению, в связи с недостаточным развитием надежных и устойчивых почвенного покрова и растительного покрова;

5. значительная зависимость от внешних источников основателей популяций продуцентов, консументов и редуцентов — биотического составляющего природной среды;

6. обязательность комплексной толерантности (технотолерантности) организмов доминантов и эдификаторов, в первую очередь обязательность сочетания радиотолерантности (радиорезистентности), хемотолерантности (хеморезистентности) и термотолерантности (терморезистентности), способности выдерживать воздействие электромагнитных полей, а также способности к акклимации (см.: Хлебович, 1981), так как основные причины нарушений надежности и устойчивости природной среды и, в первую очередь, ее биотической составляющей, на территориях производственных зон станций — проявления дисхемии, дисмагнетизма, дисэлектрии, дисрадиации, дистермии (ср.: Слепян, 1984а, 1997а; Бадяев и соавт., 1986, и мн. др.);

7. проявления реакции организмов на химические и физические повреждающие воздействия в соответствии с закономерностями парадоксального эффекта, законом Арндта-Шульца, феноменом радиационного гормезиса (ср.: Сахаров, 1935, Кузин, 1995);

8. нередкое формирование по периферии (к периметру) территорий станций и вокруг многих локальных (стационарных) источников химических и физических повреждающих воз-

действий (производственных зданий, инженерных сооружений и т.д.) внутренних локальных и общего периферического экотонных, ограничивающих пространственно локализованные сочетания микропопуляций в первую очередь продуцентов и редуцентов (в том числе фитогенные поля; — ср.: Уранов, 1965) и приобретающих при временном постоянстве и достаточной биомассе значение эколого-химических (биогеохимических) барьеров.

Сущность упомянутых основных и иных отличий природной среды атомных электрических станций отражает сложность условий и процессов возникновения и становления на территории их производственных зон надежных и устойчивых экологических систем. Возникновение и становление таких экологических систем, вместе с тем, необходимость, так как, во-первых, оно отражает достигаемую целенаправленно минимизацию экологической опасности станций как рукотворного природно-атомно-энергетического комплекса, и, во-вторых, оно способствует сохранению достигнутой минимизации экологической опасности, обеспечивает в определенной мере на основе биогеофизических и биогеохимических закономерностей оптимальность биоэкологической и геоэкологической ситуации как собственно в пространстве территорий производственных зон станций, так и в пространстве их санитарно-защитных зон и зон наблюдения. Создание надежных и устойчивых экологических систем на территориях производственных зон атомных электрических станций — действительное составляющее мероприятий, направленных наряду с технологическими, инженерными и конструктивными решениями (см.: Ананьев и соавт., 1994, 1995, 1996, Иванов, 1994, Белянин, Еперин и соавт., 1997, Белянин, Лебедев и соавт., 1997; Белянин, Шмаков, Скок, 1997; Шмаков, 1997, и мн. др.) на достижение их радиационной, ядерной и общей безопасности. Решение проблем достижения безопасности атомной энергетики, вместе с тем (Легазов, 1987), — безусловное требование при обеспечении безопасности техносферы.

Возникновение и становление надежных и устойчивых экологических систем на территориях производственных зон атомных электрических станций — целенаправленно регулируемый процесс, объединяющий последовательные и преемственные этапы. Их выявление, анализ и установление функциональных взаимосвязей между ними, вместе с тем, возможны лишь на основе специальных естественно-научных принципов, являющихся по своему содержанию эвристическими. Содержание экологических требований и ограничений, применимых по отношению к атомным электрическим станциям, позволяет считать основными при анализе природной среды территорий их производственных зон следующие принципы:

1. Принцип экосистемного анализа — основанный на логике системного исследования анализ абиотической, биотической и биосферной (биоинертной) составляющих экосистем и экосистем в целом, учитывающий, во-первых, систематическое разнообразие (биодиверсификацию) в первую очередь доминантов и эдификаторов продуцентов, консументов и редуцентов, во-вторых, взаимо-

отношения доминантов и эдификаторов с физическими средами обитания в пределах занимаемых ими биотопов (экотопов) и друг с другом в образованных их микропопуляциями (ценопопуляциями) основных трофодинамических цепях; в третьих, количественную характеристику важнейших биологических и собственно экологических фондов [эйдифонда, генофонда, фенотипа, популяционного фонда, фонда биоморф (экоморф), фонда трофодинамических цепей, фонда биотопов (экотопов), фонда рефугиумов, фонда экологических коридоров, фонда ценозов, фонда экотопов, фонда экореставрационных ресурсов, фонда иерархически соподчиненных и усложняющихся экосистем последовательных размерных категорий (наноэкосистем, микроэкосистем, мезоэкосистем, макроэкосистем и, при определенных условиях, мегаэкосистем)];

2. Принцип триады экологического анализа — основанное на логике интерпретации феноменов преемственности объединение в последовательную систему экологических (палеоэкологических) реконструкций, экологического актуализма и экологического прогнозирования, дающее возможность с использованием сведений об экологическом прошлом природной среды участков биосферы, занимаемых станциями, во-первых, определить, уточнить и объяснить их природные характеристики в сроки строительства, эксплуатации, ремонта и прекращения эксплуатации, а также, во-вторых, при преемственном сравнении упомянутых сведений и характеристик и с сопоставлением их содержания с данными, отражающими состояние и экологическую в широком смысле опасность станций, обосновать прогноз потенциальных преобразований природной среды последних на ближайшее и отдаленное будущее (с анализом ее экорепродукторного значения);

3. Принцип биогеофизического анализа — основанное на логике анализа биогеофизических данных (характеризующих в первую очередь реальные и потенциальные локальные проявления дисрадиации, дисмагнетизма, дисэлектрии, дистермии, дисфотии, дисвибрации, дисбарии, дисгравитации) определение параметров физических полей и их динамику в пространстве территорий производственных зон станций и во времени с установлением закономерностей взаимосвязи между анализируемыми физическими полями;

4. Принцип биогеохимического анализа — основанное на логике анализа биогеохимических циклов и сведений об ореолах рассеяния, о геохимических аномалиях, о литосферных и биосферных кларках, а также с учетом параметров локальных атмосферных выпадений, процессов трансформации химических соединений (азротрансформации, педотрансформации, гидротрансформации, пелотрансформации и биотрансформации) и гигиенических и экологических нормативов (в частности, показателей предельно-допустимых концентраций) определение качественного состава, количественного соотношения, территориального распространения и динамики в первую очередь тяжелых металлов, углеродсодержащих (в том числе полициклических ароматических углеводородов), азотсодержащих, серусодержащих и фосфорсодержащих соединений в пространстве производственной сре-

ды станций и во времени (с определением параметров биологического выноса и геохимического перераспределения, характеристик водорастворимости, подвижности и связывания в водонерастворимые комплексы биозекологически наиболее опасных соединений);

5. Принцип радионуклидного анализа — основанное на логике радиохимических и радиофизических интерпретаций (с учетом сведений о радиационном фоне и о природной радиоактивности организмов и физических сред их обитания) установление закономерностей, характеризующих качественный состав радионуклидов и их количественную динамику в пределах пространств территорий производственных зон станций, а также пространств санитарно-защитных зон и зон наблюдения во времени;

6. Принцип экопатогенетического анализа — основанное на логике установления закономерностей нарушения абиотической, биотической и биоскопной составляющих экологических систем и экологических систем в целом — экопатогенеза (см.: Слепян, 1996, и др. раб.) определение сущности и меры нарушений, возникающих и возникших в природной среде территорий производственных зон атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения (с учетом экопатогенетической, в том числе радиационной (см.: Кутлахмедов и соавт., 1988), емкости этих территорий, характеризующей меру повреждающих воздействий (включая радиационные), при которых природная среда сохраняет свою целостность);

7. Принцип эколого-патологического анализа — основанные на логике установления закономерностей процессов возникновения экологически обусловленных патологических явлений [в том числе в донозологические (преморбидные) сроки] диагностика и этиологическое и патогенетическое исследование абиотических патологических реакций (возникающих у клеток и клеточных аппаратов), патологических процессов (возникающих у тканей и тканевых систем, органов и систем органов), болезней и патологических состояний (возникающих у организмов как целого (см.: Слепян, 1998 и др. раб.)) — свидетельств активности в природной среде патогенных агентов;

8. Принцип геоэкологического анализа — основанное на логике установления геоэкологической и биозекологической неоднородности земной поверхности и экологического и физико-географического картографирования районирование и микрорайонирование территорий производственных зон атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения с выделением в их пределах пространств, различающихся по мере экологической опасности, и с их картографическим отображением;

9. Принцип экореставрационного анализа — основанное на логике установления закономерностей процессов восстановления нарушенной природной среды — экореставрогенеза (см.: Слепян, 1981а, др. раб.) определение фонда экореставрационных ресурсов и способности природной среды территорий производственных зон атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения к восстановлению после нарушения (в первую очередь способности к восстанов-

лению численности и биомассы популяций, трофодинамических цепей, прецедентических сочетаний и ценозов организмов, потенциалов к химическому самоочищению и дезактивации физических повреждающих агентов, и т.д.);

10. Принцип сравнительно-гигиенического анализа — основанное на логике установления общих и сравнительных закономерностей геогиены, гигиены человека (антропологии), фитогигиены и зоогигиены (см.: Эрисман, 1959; Лазарев, 1966; Аликаев, 1976; Слепян, 1981б, 1985а, и др. раб.) определение характеристик условий и качества природной среды территорий производственных зон атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения и условий и качества жизни в пределах упомянутых зон с выявлением и исследованием состояния здоровья растительных и животных организмов, а также состояния здоровья человека с учетом квалиномии здоровья (Слепян, 1993) — соответствия показателей (признаков) здоровья показателям (признакам), свидетельствующим о нормальной жизнедеятельности;

11. Принцип экоритмологического анализа — основанное на логике установления закономерностей последовательности, преемственности и повторности однозначных процессов, явлений и событий выявление в природной среде атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения и исследование суточных, месячных, сезонных, годовых, многолетних, вековых и многовековых природных ритмов, в том числе и ритмов, характеризующих онтогенез и жизненный цикл организмов, — хронобиологических, включая сведения о дисхронозах.

Важное условие эффективности применения естественно-научных принципов при диагностике состояния и прогнозировании трендов возможных преобразований природной среды территорий производственных зон атомных электрических станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдений во времени — создание характеризующих эти территории банков биозекологических данных с соответствующими регистрами и кадастрами. Необходимы банки, регистры и кадастры, отражающие своеобразие каждой из станций [в частности, отдельно станций с реакторами большой мощности канальными, с реакторами водноводяными и т.д. (Егоров и соавт., 1956)] и, вместе с тем, банк, регистр и кадастр единые, служащие целям установления как общих, так и сравнительных закономерностей. Сведения, включаемые в банки, регистры и кадастры, должны обеспечивать создание системы представлений о природной среде станций, во-первых, до начала строительства; во-вторых, на протяжении строительства; в третьих, в процессе пуска и наладки и во время эксплуатации станций в целом; в четвертых, при остановках, ремонтных работах и реконструкциях станций; в пятых, после окончательного прекращения эксплуатации станций, наступающего при завершении сроков их технологического цикла. Безусловно, банки, регистры и кадастры должны объединять биозекологические сведения о территориях производственных зон станций с сведениями об их трехкилометровых санитарно-защитных зонах и сведениями о тридцатикилометровых зонах наблюдения.



Наряду с данными о радиационном фоне и фоне неионизирующих излучений, данными о химическом составе (с учетом показателей литосферных и биосферных кларков, показателей фоновых содержания и показателей предельно-допустимых концентраций), сведениями о локальных биогеохимических циклах, гидрометеорологическими (в том числе биометеорологическими), климатическими, гидрологическими, гидрогеологическими, геологическими, тектоно-физическими, сейсмическими и геоморфологическими сведениями банки, регистры и кадастры, характеризующие станции и окружающие их контролируемые зоны, должны включать в себя материалы о биокосных (биоэнергетных) физических средах — о почвенном покрове и о донноосадочном покрове постоянных и временных водотоков и водоемов, материалы о биоте, в частности, о состоянии ее фондов [эйдифонда продуцентов, консументов и редуцентов, генофонда, фенофонда, фонда биоморф (экоморф), популяционного фонда, фонда трофодинамических цепей, ценофонда], и материалы об экосистемах преемственных размерных категорий (наноэкосистем, микроэкосистем, мезоэкосистем, макроэкосистем), возникших и возникающих в пространстве территорий производственных зон станций, их санитарно-защитных зон и зон наблюдения [с сведениями о фонде экотопов (биотопов), фонде экотонных, фонде экологических коридоров, фонде рефигиумов и фонде экореставрационных ресурсов (включая материалы о фонде механизмов химической дезактивации — химического самоочищения физических приземной воздушной, почвенной, водной и донноосадочной сред и материалы о фонде механизмов дезактивации физических повреждающих агентов)].

Значение основ банков, регистров и кадастров биологических данных имеют сведения о физических средах обитания (в первую очередь о почвенном покрове), сведения о биоте и сведения о качестве среды и качестве жизни, характеризующие (см.: Слепян, 1989, и др. раб.) экологопатологическими данными, показателями дисхимии и показателями активности физических полей.

### Ленинградская атомная электрическая станция: история и значение

Первая в мире и первая отечественная атомная электрическая станция — Обнинская мощностью 5 МВт создана в 1954 году. Мощность Обнинской станции почти в десять раз меньше мощности первой из станций, созданных по плану ГОЭЛРО, — Волховской гидроэлектрической станции. Однако, именно Обнинская станция признается родоначальницей атомной энергетики. Северо-Западный регион страны не богат топливными ресурсами. На тепловых станциях использовались уголь, мазут, газ, привозимые из Сибири. В связи с этим в 1955 г. было принято правительственное решение обеспечить снабжение электрической энергией Северо-Западный регион на основе атомной энергетики, используя опыт создания и эксплуатации Обнинской атомной электрической станции.

В 1956–1958 г.г. на месте сожженной в годы Великой Отечественной войны деревни Долгово Ломоносовского района Ленинградской области в 70–ти километрах по прямой линии от г. Ленинграда было намечено строительство Атомной электрической станции (ГРЭС-16) с водно-водяным энергетическим реактором (типа ВВЭР) мощностью 420 МВт.

Выбор площадки для строительства не случаен. Было учтено, что Станция будет находиться на берегу Финского залива (естественного водоема для охлаждения конденсаторов турбин) вблизи от железнодорожной магистрали и шоссейных дорог с твердым покрытием в малонаселенной местности с низкопродуктивными землями и на значительном, но все же экономически оправданном удалении от Ленинграда. При таком местоположении Станция оказывается в сфере действия Объединенной энергетической системы Северо-Запада страны, начавшей функционировать в 1956 г. Существенное значение имел и тот факт, что в месте строительства Станции намечалось строительство и филиала Института атомной энергии им. И.В. Курчатова АН СССР, а также строительство крупного жилого поселка.

Следует отметить, что 50–60-е годы — время массового создания и испытания атомного оружия и создания атомной промышленности и энергетики. Закономерности воздействия радиации на биологические объекты, в том числе и на человека, в эти годы только устанавливались. Тем не менее, опасность близкого расположения атомного объекта к крупному городу учитывалась. По ряду причин строительство ГРЭС-16 откладывалось, хотя необходимые изыскательские работы и были осуществлены и создание жилого поселка началось. Сведения об атомной энергетике, накопленные за десятилетие, позволили к середине 60-х годов поставить перед специалистами в области реакторостроения задачу создать энергетический реактор с тепловой мощностью, равной 3200 МВт. Реактор с такой единичной мощностью, использующий органическое топливо, в стране и в Европе ранее известен не был.

В 1965 г. Институту атомной энергии им. И.В. Курчатова АН СССР (Научному руководителю) и Научно-исследовательскому и конструкторскому институту энерготехники (Главному конструктору) была поручена разработка проекта атомной электрической станции с реактором, характеризующимся электрической мощностью, равной 1000 МВт, — реактором большой мощности канальным типа РБМК-1000.

Площадка для строительства Станции с новым реактором большой мощности была определена академиком А.П. Александровым — директором Института атомной энергии им. И.В. Курчатова АН СССР, остановившим свой выбор на пространстве, предусмотренном для строительства ГРЭС-16. Были приняты во внимание все ранее учитываемые сведения, а также тот факт, что в избранном месте изыскательские работы проведены и ведется строительство города. Критерии радиационной безопасности при выборе площадок для объектов атомной энергетики и промышленности в середине 60-х годов основывались, естественно, на уровне знаний, достигнутом к этому времени. Под-

тверждение этого — значение предельно допустимых доз (ПДД), принятое для профессиональных работников атомной отрасли. До 1957 г. учитывалось значение ПДД, равное 25 бэр/год, до 1969 г. — значение ПДД, равное 15 бэр/год, а с 1969 г. по настоящее время — значение ПДД, равное 5 бэр/год.

Постановление Совета Министров СССР о строительстве Ленинградской атомной электрической станции в поселке Сосновый Бор Ленинградской области (N 800–252) было принято 29 сентября 1966 г. Проектное задание и сводный сметно-финансовый расчет строительства первой очереди Станции, в соответствии с которыми должны быть построены два энергетических блока с мощностью, равной 1000 МВт каждый, были утверждены Совместным решением Коллегии Министерства среднего машиностроения СССР и Коллегии Министерства энергетики и электрификации СССР 3 августа 1967 г. (протокол N21/47).

Для проектирования сооружений Ленинградской атомной электрической станции были дополнительно выполнены топографическая съемка территории планируемого размещения производственной зоны Станции и исследована акватория, прилегающая к этой территории. В период с сентября 1966 г. по март 1967 г. осуществлены соответствующие геологические изыскания, необходимые для рабочего проектирования Станции. В результате изысканий была уточнена характеристика залегающих кембрийских глин и была установлена возможность приближения главного здания Станции (Здания N 401) к берегу Финского залива.

Строительство Ленинградской атомной электрической станции согласовано Исполнительным Комитетом Ленинградского областного Совета депутатов трудящихся с последующим отводом в установленном порядке 157,4 га земель (Протокол N1 от 17 января 1967 г.), Государственным санитарным надзором (Заключение N 66–136 от 14 декабря 1966 г.), причем Санитарно-защитная зона Станции была определена равной 3 км, и Штабом Ленинградского Военного округа (Письмо с исходящим N 3/0063 от 25 января 1967 г.). Материалы Проектного задания, характеризующие примыкание к путям Министерства путей сообщения СССР, и транспортная схема Станции согласованы Управлением Октябрьской железной дороги (Письмо с исходящим N 0823 от 22 июля 1966 г. и Письмом с исходящим N 083 от 24 января 1967 г.). Строительство вентиляционной трубы высотой 200 м согласовано с Воинской частью N 52676 (Письмо с исходящим N 624336 от 26 декабря 1966 г.).

Проектирование Ленинградской атомной электрической станции с реактором типа РБМК-1000 было поручено Всесоюзному научно-исследовательскому и проектному институту комплексной энергетической технологии (ВНИПИЭТ). Как отмечалось в Проектном задании, Станцию необходимо было разместить на территории, во-первых, сравнительно близко расположенной к основным промышленным центрам страны (которые могут изготовить и поставить сложное крупногабаритное оборудование), и, во-вторых, прилегающей к значительному по размерам бассейну с охлаждающей водой. Этим услови-

ям хорошо удовлетворял район Копорской губы Финского залива, находящийся в пределах Ленинградской области. Ввод в действие в этом районе крупнейшей атомной электрической станции решал как задачу расширения энергетической базы Ленинградской области, так и задачу укрепления Энергетической системы Северо-Запада СССР в целом.

Большое внимание при создании проекта Станции уделялось архитектурному оформлению ее комплекса. Как отмечал в 1967 г. Член Союза архитекторов СССР лауреат Государственных премий архитектор И.Б. Орлов «Своеобразный, уникальный художественный облик Ленинградской атомной электрической станции складывался под влиянием трех основных композиционных задач: во-первых, стремления отразить в архитектуре комплекса художественный идеал нашего времени; во-вторых, необходимости органичной связи с природным окружением, с естественным ландшафтом, с безбрежными просторами акватории Финского залива; в-третьих, воплощения тех характерных типологических черт, которые органически присущи своеобразию технологических процессов, происходящих в данном комплексе».

Разработка проекта будущей Станции проводилась в соответствии с нормативами 60-х годов. Были исследованы климатическое, топографическое, геологическое и гидрогеологическое отличия осваиваемой территории.

Как показали климатические исследования, район строительства Станции относится к Второму климатическому району. Основные климатологические характеристики, необходимые для проектирования, следующие:

Температура атмосферного воздуха среднегодовая	— +4° С
Температура самого жаркого месяца средняя	— +16,7° С
Температура самого холодного месяца средняя	— -7,8° С
Температура наружная расчетная	
а. для проектирования массивных ограждающих конструкций	— -24° С
б. для проектирования легких ограждающих конструкций	— -28° С
в. для проектирования зимней вентиляции	— -12° С
г. для проектирования отопления	— -2° С
Продолжительность отопительного периода, сутки	— 223.
Господствующее направление ветров годовое и в летний период	— ЮЗ четверть.
Скорость ветра наибольшая расчетная один раз в 5 лет	— 23 м/сек.
Скорость ветра наибольшая расчетная один раз в 20 лет	— 26 м/сек.
Скоростной напор ветра («Строительные нормы и правила» для Второго ветрового района)	— 35 кг/м.
Высота снегового покрова (наибольшая из наибольших декадных высот за зиму)	— 51 см.
Нормальная снеговая нагрузка	— 100 кг/м.
Количество осадков среднегодовое	— 573 мм.

Уровень воды (средний многолетний в Финском заливе)	— -5 см.
Уровень максимальный	
1% обеспеченности для ответственных сооружений, не допускающих кратковременные затопления	— 250 см.
Уровень максимальный	
1% обеспеченности для второстепенных сооружений, допускающих кратковременные затопления	— 180 см.
Уровень минимальный (97%)	— -112 см.

Как показали топографические исследования, площадка, выбранная для строительства Станции, располагается в пределах предглинтовой низменности в прибрежной полосе Копорской губы на двух террасах, расчлененных небольшими речками и ручьями. В 300–600 м от берега вдоль линии Финского залива протягивается уступ второй морской террасы высотой от 4 до 6 м, ясно выраженной в рельефе. Площадка имеет уклон в сторону Залива, отметки изменяются от 12 м до 3 м. Поверхность как первой, так и второй террас покрыта хвойным и смешанным лесами и местами заболочена. В прибрежной полосе имеются большие скопления валунов. По побережью Залива проходит шоссе и линия связи.

Как показали геологическое и гидрогеологическое исследования, геологическое строение участка строительства Станции характеризуется залеганием с поверхности четвертичных отложений, представленных комплексом рыхлых образований, — озерно-ледниковыми глинами (типа ленточных), моренными валунными суглинками и супесями, песками (часто с примесями гравия и гальки), а также озерно-ледниковыми пылеватыми суглинками. С глубины 2–4 м залегают коренные породы — кембрийские очень плотные глины с линзами мелкозернистых глинистых слабо цементированных песчаников и песков. Мощность линз изменяется от 1–2 мм до 1,1 м. Кровля коренных глин, залегающая почти параллельно земной поверхности, понижается по направлению к Финскому заливу и в береговой полосе уходит на большие глубины. Скважинами, пройденными на берегу залива до глубины 10 м, кембрийские глины не вскрыты. Крутое падение кембрийских глин наблюдается также в южной части площадки строительства Станции. Характеристики наиболее типичного литологического разреза (скважина в месте расположения Здания N 401), следующие:

Почвенно-растительный слой	— 0–15 см
Песок мелкозернистый серовато-коричневый средней плотности водонасыщенный (с глубины 40 см)	— 15–160 см
Песок мелкозернистый плотный с примесью гальки (20%) водонасыщенный	— 160–310 см
Супесь моренная очень плотная с прослойками мелкозернистого песка, насыщенного водой и с включениями гравия (до 10%)	— 310–405 см
Глина голубовато-серая твердая перемятая с включениями гравия и гальки (до 15%)	— 405–425 см
Глина кембрийская голубовато-серая слоистая твердая с линзами мелкозернистого слабоцементированного	

песка (от 1 мм до 50 см)	— 4,25–20,15 м
Появление воды	— 40 см
Установившийся уровень воды	— 40 см.

Основание фундаментов — грунты всех видов. Фундаменты наиболее ответственных сооружений — кембрийские глины, залегающие на глубине 2–3 м от поверхности.

Территория площадки характеризуется подземными водами трех типов.

Подземные воды типа первого — маломощный горизонт типа верховодки (залегающий в верхних слоях моренных и покровных суглинков), водоупор — кембрийские глины, направление потока в сторону залива, в сильно фильтрующих грунтах воды агрессивны для бетона всех видов (в связи с содержанием свободной углекислоты и кислотностью).

Подземные воды типа второго — напорный горизонт четвертичных отложений, вскрытый на глубине от 3 до 7 м.

Подземный горизонт типа третьего — напорные пластово-трещинные воды в разобщенных друг от друга песчаных линзах, находящихся в кембрийских глинах, коэффициент фильтрации песчаников 40 — 300 см/сутки, воды не агрессивны по отношению к бетону.

С учетом упомянутых характеристик было принято решение разместить Станцию на описанной площадке на расстоянии около 250 м от берега Копорской губы. При таком расположении наиболее экономно техническое водоснабжение, так как удаление площадки от берега существенно увеличивает капитальные затраты, необходимые для увеличения объемов работ при строительстве гидротехнических сооружений, и эксплуатационные расходы в связи с необходимостью подъема охлаждающей воды до более высоких отметок.

Площадка Станции располагается на расстоянии 1,5 км от Научно-исследовательского технологического института, в 0,7 км от Специального комбината «Радон» и в 4 км к юго-западу от города Сосновый Бор, в котором живут работники Станции.

Санитарно-защитная зона Станции равна 3 км (начиная от вентиляционной трубы) и не выходит за пределы санитарно-защитной зоны Комбината «Радон». В пределах зоны находятся, таким образом, Научно-исследовательский технологический институт, Комбинат «Радон», а также транспортные, строительные и иные предприятия, обеспечивающие деятельность Станции.

Компановка Генерального плана Станции определяется:

1) Ориентацией Главного корпуса (Здания N 401) по отношению к берегу Финского залива, при которой наиболее экономично техническое водоснабжение (минимальная протяженность каналов и трубопроводов и оптимальна отметка уровня пола здания);

2) Рельефом территории;

3) Геологическими условиями (главным образом глубиной залегания кембрийских глин, используемых как достаточно прочное основание для ответственных сооружений);

4) Схемой железнодорожных путей, созданием подъездного пути и монтажного участка;

5) Условиями ввода сооружений в эксплуатацию и организацией строительства.

Главное здание Станции, имеющее основные размеры в плане 324x109 м, располагается длинной осью вдоль берега Финского залива на расстоянии от него, равном 250 м. Такое расположение от источника водоснабжения минимально и определено как рельефом, глубиной залегания кембрийских глин и уровнем воды в Заливе, так и конструктивным заглублением самого здания.

Турбинный зал расположен в сторону Финского залива. Нулевая отметка главного здания определяется минимальной высотой подъема технической воды, используемой для охлаждения турбин, а также топографией и геологическим строением участка, на котором здание расположено.

С целью сокращения площадки ограждения Станции, а также уменьшения протяженности железных и автомобильных дорог, дорожностоящих коммуникаций специальной канализации и т.д. в проекте предусмотрены максимальное блокирование производственных, вспомогательных и обслуживающих зданий. Такое укрупнение и блокирование зданий атомных электрических станций осуществлено впервые и является прогрессивным техническим решением.

Хроника строительства первой очереди Станции следующая:

1967 г., май — начата разработка котлована Главного здания;

1967 г., сентябрь — уложен первый кубометр бетона;

1971 г., июнь — начат монтаж металлических конструкций Реактора N1;

1972 г., октябрь — начат монтаж технологических каналов энергетического Блока N1;

1973 г., июль — начаты пусконаладочные работы на энергетическом Блоке N1;

1973 г., сентябрь — осуществлен физический пуск Реактора N1;

1973 г., декабрь — принят в эксплуатацию энергетический Блок N1;

1976 г., январь — первая очередь Станции начала работать с мощностью, равной 2000 МВт.

В конце 1974 г. Совет Министров СССР принял решение о строительстве Второй очереди Станции с мощностью также равной 2000 МВт. Техническое задание на проектирование второй очереди было утверждено Министерством среднего машиностроения СССР в феврале 1973 г. и в эти же сроки начато проектирование, которое также выполнено Всесоюзным научно-исследовательским и проектным Институтом комплексной энергетической технологии.

При решении вопроса о возможном размещении сооружений второй очереди Станции были разработаны и представлены два варианта схемы ее Генерального плана.

Вариант первый — размещение Главного здания Станции вплотную к Зданию N 401 (к энергетическому Блоку N 2) или на небольшом удалении от Здания N 401.

Вариант второй — размещение Главного здания на расстоянии 1,2 — 1,6 км в юго-западном направлении от здания N 401.

Технико-экономическое сравнение предложенных вариантов показало, что они требуют примерно равных капитальных затрат. Решением Министерства среднего машиностроения

СССР, Министерства энергетики и электрификации СССР и Государственного планового Комитета СССР от 21 марта 1973 г. был принят для дальнейшего проектирования вариант размещения Главного здания Второй очереди Ленинградской атомной электрической станции, в соответствии с которым это здание должно быть расположено на расстоянии около 1,5 км в юго-западном направлении от Здания N 401.

Разрешение Исполнительного комитета Ленинградского областного Совета депутатов трудящихся на проведение проектно-изыскательских работ получено 27 ноября 1973 г. (Разрешение N 448/12). Принятая проектом компоновка Генерального плана строительства Второй очереди Ленинградской атомной электрической станции предусматривала создание ее единой производственной площадки, включающей и здания и сооружения Первой очереди строительства. Объединение двух площадок является не только территориальным. Оно предусматривает, во-первых, использование зданий и сооружений Первой очереди для целей строительства Второй очереди и, во-вторых, последующее использование вновь проектируемых зданий и сооружений для нужд Первой очереди. Проект выполнялся на основе соответствующих норм и правил («СНиП 1962–1972 г.г., СП АЭС–68 и ОСП–72»). Были исследованы (как и при проектировании Первой очереди) климат, гидрологический режим, волновые процессы, течения, инженерно-геологические условия, топография и т.д. В апреле 1975 г. была начата разработка котлована под Главное здание Второй очереди Станции, в декабре 1979 г. принят в эксплуатацию энергетический Блок N3, а в августе 1981 г. Станция вышла на проектный уровень мощности — 4000 МВт. В декабре 1981 г. к Всесоюзному Дню Энергетика Станция досрочно выработала 100 млрд. кВт.ч электроэнергии. Ее вклад в производство электрической энергии СССР составил в 1982 г. 2,2%.

Ленинградская атомная электрическая станция создавалась по нормативам начала 70-х годов. При ее проектировании не были учтены требования безопасности, предъявляемые последней нормативно-технической документацией. В то же время, на протяжении всего срока эксплуатации оборудование, технологические системы, системы автоматики, управления и защиты Станции совершенствовались с учетом изменения требований по обеспечению надежности и безопасности.

В деятельности Станции самостоятельны три этапа:

Этап первый — 1973–1981 г.г. — этап ввода в эксплуатацию и освоения проектной мощности энергетических блоков, характеризуемый несколькими пониженными показателями выработки электрической энергии и относительно большим количеством внеплановых остановок энергетических блоков;

Этап второй — 1982–1988 г.г. — этап эксплуатации энергетических блоков в соответствии с проектным режимом, внедрения более совершенных процедур и устранения проектных упущений и замечаний по работе оборудования, характеризующий высокими технико-экономическими показателями, небольшим количеством внеплановых остановок энергетических блоков

и годовой выработкой электрической энергии, превышающей 28 млрд. кВт.ч, при коэффициенте использования установленной мощности Станции больше 80%, а на отдельных блоках больше 90%.

Этап третий — 1989г. по настоящее время — этап крупномасштабных работ по реконструкции энергетического Блока N1 и энергетического Блока N2.

20 ноября 1992 г. Госатомнадзор России выдал временное разрешение на эксплуатацию энергетических блоков Ленинградской атомной электрической станции. Тем самым Станция получила признание государственного регулирующего органа как эксплуатирующая организация. С этой даты вся полнота ответственности за безопасную эксплуатацию энергетических блоков легла на руководство Станции и ее персонал. Станция получила самостоятельность в решении организационно-технических, экономических и финансовых вопросов. Выполнение функций эксплуатирующей организации предусматривает прежде всего то, что Станция должна работать, во-первых, в соответствии с требованиями действующего законодательства; во-вторых, с учетом правил и норм безопасности, принятых в атомной энергетике; в третьих, с учетом специальных условий, выдвинутых регулирующим органом.

Как уже было отмечено, энергетический Блок N1 Станции был пущен в 1973 г. Проектный срок работы энергетических блоков — 30 лет. Ближиться, следовательно, срок прекращения эксплуатации энергетических блоков. Однако, реконструкция энергетических блоков и создание новых дополнительных систем безопасности, осуществленные на Станции, позволят к 2003 году обосновать перед регулирующим органом возможность продления срока эксплуатации.

Выводимые из эксплуатации мощности необходимо компенсировать. В связи с этим, Ленинградская атомная электрическая станция совместно с Генеральным конструктором — Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (НИКИЭТ), Генеральным проектантом — Всероссийским Научно-исследовательским и проектным институтом энерготехники (ВНИПИЭТ), Научным руководителем — РИЦ «Курчатовский институт» и рядом иных предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области проводит работы, направленные на создание замещающих мощностей. Для решения этой задачи выбран новый энергетический блок с повышенной безопасностью и с многопетлевым канальным реактором МКЭР, обладающим электрической мощностью, равной 800–1000 МВт. Соответствующая разработка рекомендована Международным Санкт-Петербургским конкурсом проектов по созданию безопасных и экологических энергетических блоков.

Основные преимущества таких энергетических блоков —

- 1) внутренняя безопасность,
- 2) наличие пассивных средств выхода реактора из аварийного состояния,
- 3) естественная циркуляция теплоносителя,
- 4) многопетлевая конструкция,
- 5) наличие двух независимых систем аварийной остановки реактора.

- 6) наличие пяти барьеров безопасности,
- 7) низкий уровень затрат электрической энергии на собственные нужды,
- 8) высокая эффективность использования оборудования и топлива,
- 9) увеличенный до 60 лет (т.е. в два раза) ресурс работы,
- 10) заложенное в проекте использование радиационных технологий.

Гарантии реальности создания нового энергетического блока, отвечающего требованиям XXI века, — участие в работах высококвалифицированных отечественных специалистов, использование хорошо оснащенной отечественной промышленной базы и наличие необходимых инфраструктуры и вспомогательных систем.

Расположение Станции вблизи г. Санкт-Петербурга на берегу Финского залива у границ России требует от руководства и коллектива повышенного внимания к вопросам безопасности и охраны окружающей среды. На Станции действует первая очередь автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО), которая автоматически проводит непрерывный контроль МЭД с передачей данных по радиоканалу на центральный пост;

собирает, обрабатывает и создает архив данных с передачей сигналов о превышении показателей радиации на щит контроля радиационной безопасности (КРБ) Второй очереди Станции;

вводит информацию в компьютерную сеть Станции и осуществляет ее передачу в мэрию г. Сосновый Бор, в АТЦ Минатома (г. Санкт-Петербург, г. Москва) и в Финляндию;

ведет контроль за метеорологическими параметрами (за скоростью и направлением ветра, за температурой воздуха);

прогнозирует радиационную обстановку в соответствии с программой «Радиус» при отклонениях Станции от нормального режима работы.

Система контроля за безопасностью работы Ленинградской атомной электрической станции создается с учетом перспектив по замещающим мощностям. При их успешном вводе Ленинградская атомная электрическая станция проработает еще 70 лет.

К первой декаде декабря 1997 г. Ленинградская атомная электрическая станция выработала более 500 млрд. кВт.ч электрической энергии, она функционирует стабильно, работы по ее реконструкции осуществляются успешно.

### Почвенный покров

Установление закономерностей формирования почвенного покрова в пространстве производственной зоны Ленинградской атомной электрической станции — основное по значению составляющее комплексного биоэкологического анализа состояния ее природной среды. Получение сведений о почвенном покрове своевременно и насущно, так как этот покров — важнейший компонент экологических систем любой категории, без которого невозможно существование биосферы как супермегаэкосистемы в целом. Почвенный покров — аккумулятор и трансформатор вещества и энергии, перераспределяющихся в трехмерном пространстве в форме природных и техногенных потоков. Учет пред-

ставления об этих потоках, во-первых, крайне важен при осуществлении диагностики и прогнозирования динамики преобразования экологических систем во времени и, во-вторых, он необходим при обосновании, создании и использовании систем экологической защиты.

На промышленно освоенных территориях техногенез преобладает над природными процессами почвообразования. Актуальная проблема почвоведения в связи с этим — установление закономерностей почвообразовательного процесса на техногенно преобразованных территориях, происходящего при нарушении естественных почвенного и растительного покровов. В условиях упомянутого нарушения на новые циклы образования дифференцированного почвенного профиля наряду с природными агентами — почвообразователями (климатом, бактериями, грибами, низшими и высшими растениями, беспозвоночными и позвоночными животными, почвообразующими породами, рельефом) оказывают значительное влияние и антропогенные факторы, способные видоизменять формы рельефа, микроклимат, биотическую составляющую экосистем, а, таким образом, и характер почвообразующих субстратов. Воздействие человека на почвенный покров определяется через изменение комплекса экологически значимых факторов, взаимосвязанных друг с другом. Специфичное по полифакторности влияние антропогенного прессинга на почвообразовательные процессы имеет место и в пространстве размещения атомных электрических станций.

Новообразующиеся почвы техногенных ландшафтов оцениваются как примитивные (Крупский и соавт., 1973) и как почвы, находящиеся на начальных сроках развития (Махонина, 1979). Обоснована (Стыжы, Таргулян, 1980) целесообразность выявления в сроки так называемого ноль-момента экогенеза стадии абиогенного преобразования минерального субстрата, стадии появления биоты и стадии перехода предпочвы в почву, не обязательно связанных друг с другом. Процессы регенерации почвенного покрова начинаются одновременно, но в контрастных экологических нишах они осуществляются с различной интенсивностью, так как наличие высокопродуктивных природных ландшафтов вокруг техногенных ландшафтов создает условия для быстрой инокуляции последних спорами почвенных грибов и почвенными водорослями, а также для привнесения в них семян высших растений. С самых начальных сроков возникновения почвенного покрова все элементарные процессы почвообразования, осуществляющегося в техногенных экосистемах, находятся в той или иной степени под функциональным контролем со стороны характерных для пространства экосистем факторов почвообразования. В возникающих молодых техногенных экосистемах инициирующиеся почвообразовательные процессы происходят по типу, близкому к зональному, а стабилизация профиля и оформление генетических горизонтов почвенного покрова осуществляются за сравнительно короткие промежуточные времена. Это оправдывает целесообразность использования (см.: Трофимов и соавт., 1986) представления о молодых почвах техногенных экосистем, не имеющего клас-

сификационного значения и характеризующего лишь относительный возраст и условия формирования почвенного покрова. Упомянутое представление вполне оправдано использовать для описания субъединиц почвенного покрова, регенерирующего на техногенных территориях при изменении факторов почвообразования (локальных повреждениях земной поверхности, незначительных изменениях рельефа, перераспределении потоков энергии, влаги, и т.д.).

Сведения о почвенном покрове Ломоносовского района Ленинградской области, на территории которого функционирует Ленинградская атомная электрическая станция, ограничены. В результате крупномасштабного почвенного картирования описаны основные почвенные разновидности территории совхозов, принадлежащих, в частности, Ломоносовскому району (Курский, 1934) и, в целом Ленинградской области (см.: Благовидов и соавт., 1937; Прасолов, Кравков, 1937; Пестряков и соавт., 1973). Обследование почвенного покрова сельскохозяйственных угодий области (в масштабе 1:10000) и лесов государственного лесного фонда на ее территории (в масштабе 1:50000) осуществлялось регулярно и в 1989 году была составлена сводная Почвенная карта Ленинградской области в масштабе 1:300000. В 1995 г. с учетом экологических характеристик описан почвенный покров территории трансекта пос. Большая Ижора, г. Петродворец, пос. Гостилицы, пос. Глядино (Матинян, Русаков 1995). В 1996 г. описаны особенности почвообразования в пределах первой морской террасы южного берега Финского залива у Нижнего парка г. Петродворец (Апарин, 1996), а также анализированы данные о почвенном покрове, образовавшемся на намывных грунтах в парках северного побережья Невской губы (Капелькина, 1993). Материалы, содержащиеся в исследованиях, упомянутых выше, возможно использовать при анализе почвенного покрова территории размещения Ленинградской атомной электрической станции лишь как ориентировочные (поскольку недостаточен масштаб обследованных территорий или же последние пространственно отдалены от производственной зоны Станции).

Ленинградская атомная электрическая станция расположена на юго-западном побережье Невской губы Финского залива на окраине юго-западной равнины, которая по составу почвообразующих пород, а также по иным характеристикам — условиям климата и показателям рельефа, выделена в особый подрайон Ленинградской области при ее природном районировании (см.: Пестряков и соавт., 1973). Выделенный подрайон включает территорию, простирающуюся вдоль южного берега Финского залива. Сгибая полукольцом Ордовикское плато, он распространяется к югу до границы с Псковской и Новгородской областями. На востоке его граница совпадает с меридионально вытянутым отрезком долины р. Оредеж, а на западе — с границей Республики Эстония.

Климат подрайона, что существенно в аспекте почвоведения, характеризуется среднегодовой температурой около 4 С. Продолжительность периода со среднесуточными температурами больше 10°С 120–125 суток. Сумма положительных температур — 1700–1800°С.



Общее количество осадков в год — 600 мм. Побережье Финского залива в пределах подрайона характеризуется меньшим количеством осадков и снега и большей продолжительностью безморозного периода, чем часть подрайона, удаленная от берега.

Территория Станции приурочена к первой морской литориново-древнебалтийской террасе Финского залива, образовавшейся в срок последней трансгрессии Древнебалтийского моря около 3000 лет назад. Терраса сложена морскими песками, подстилаемыми кембрийскими глинами, которые в свою очередь залегают непосредственно на гранитах Балтийского кристаллического щита. Плоская выровненная поверхность и высокое стояние грунтовых вод определяют ведущую роль в развитии почвенного покрова на анализируемой территории процессов заболачивания. В просторстве г. Петроворца — г. Ломоносов отмечены преобладание в центральной части террасы дерново-глееватых и глеевых супесчаных и легкосуглинистых почв, а также болотно-низинные перегнойно-глеевые почвы и дерново-подзо-листые иллювиально-железистые почвы, образовавшиеся на грубозернистых древнеморских песках и на делювиальных наносах, возникших в тыловой части террасы (Матинян, Русаков, 1995).

Территория размещения Станции отличается от территории побережья Финского залива у г. Петроворца и г. Ломоносов слабой выраженностью древних морских террас, меньшей протяженностью поверхности от берега Финского залива до глинта — уступа силурийского плато, сложенного карбонатными породами.

На территории Станции анализированы 27 почвенных разрезов [места заложения разрезов с 1 по 23 совпадают с положением геоботанических площадок; разрезы 28, 29, 30 находятся вне производственной зоны Станции (рис. 1)], у 117 почвенных образцов определены их основные физико-химические характеристики — солевой рН, водный рН, гидролитическая кислотность, содержание углерода общего, азота общего, фосфора общего и калия общего, фракционно-групповой состав органического вещества по М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой, сухой остаток водной вытяжки и механический состав мелкозема по Н. А. Качинскому.

На побережье Финского залива вне производственной зоны Станции естественная растительность представлена смешанным лесом из сосны обыкновенной с примесью ели обыкновенной, берез и ольхи и с моховым и мохово-злаковым покровом. Почвы прибрежной зоны иллювиальные слоистые песчаные, за которыми распространены иллювиальные слоистые болотно-торфянистые. В полукилометре от берега на повышенной части рельефа (на второй террасе) находятся сосняки-зеленомошники с иллювиально-железистыми песчаными подзолами. Ненарушенные почвы вне зоны размещения Станции характеризуются кислой и слабо-кислой реакцией по всему профилю (рН водных вытяжек — 4,2–5,9), четкой морфологической выраженностью горизонтов, отсутствием антропогенных включений, легким механическим составом почвенной толщи.

Дифференциальная характеристика основных почв следующая (табл. 1–3).

Разрез N28 — 1 км северо-восточнее Станции на берегу Финского залива, 100 м южнее уреза воды (контроль). Растительный покров — смешанный березово-ольхово-сосновый лес с подростом ольхи, берез и елей и с мохово-злаковым травянистым покровом.

A<sub>0</sub> 0–1 см — свежий и слаборазложившийся лиственный и травяной опад.

A<sub>1</sub> 1–3 см — серовато-палево-влажный бесструктурный рыхлый мелкий песок с корнями, переход резкий.

II 3–17 см — светло-желтый влажный бесструктурный тонкий песок, на глубине 9 см погребенный маломощный (1 см) грубогумусовый горизонт (подобный A1), корни, переход ясный.

III 17–50 см — желтый влажный бесструктурный уплотненный песок с значительно большим количеством корней, крупными древесными корнями и редкими железистыми конкрециями, переход постепенный.

III 50–85 см — светло-желтовато-розовый влажный тонкий плотный и бесструктурный песок.

Почва разреза N 28 — аллювиальная слоистая песчаная на древних морских песках.

Разрез N29 — 1 км северо-восточнее Станции на берегу Финского залива, 300 м южнее уреза воды (контроль).

Растительный покров — смешанный березово-елово-сосновый лес с подростом ольхи, берез, ели, сосны и с зелеными мхами.

A<sub>0</sub> 0–3 см — свежий слаборазложившийся моховой олес.

At 3–10 см — черный сырой хорошо разложенный торф с большой примесью песка и с корнями, переход резкий, граница неровная.

I 10–28 см — светло-розовато-палево-сырой песок с горизонтальными тонкими органическими грубогумусными прослойками мощностью около 0,5 см на глубине 14 см и 22 см и с редкими корнями, переход постепенный.

II 28–75 см — светло-розовато-палево-желтый мокрый тонкий песок, грунтовые воды с 60 см.

Почва разреза N29 — аллювиальная слоистая болотно-торфянистая на древних морских песках.

Разрез N30. Пространство, непосредственно прилегающее к восточному краю территории производственной зоны Станции, 100 м вглубь леса к югу от шоссе/дороги (контроль).

Растительный покров — сосняк зеленомошный.

A<sub>0</sub> — фрагментарно, опад сосновой хвои.

A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub> 0–14 см — влажный серовато-белесый супесчаный непрочно-комковатый и уплотненный, с корнями, переход резкий, неровный.

A<sub>2</sub> 14–16 см — влажный белесо-палево-бесструктурный уплотненный песок, переход ясный.

B<sub>1</sub> 16–25 см — влажный ржаво-желтый бесструктурный уплотненный песок с меньшим количеством корней, переход ясный.

V 25–100 см — влажный желтый бесструктурный песок. Почва разреза N30 — подзолистая иллювиально-железистая на древних морских песках.

Почвенный покров территории размещения Станции характеризуется значительной неоднородностью, обусловленной, во-первых, гетерогенностью исходных почвенного покрова и почвообразующих пород и, во-вторых, антропогенными нарушениями природной среды (полным локальным уничтожением почвенного покрова, перемещением масс подстилающей породы при закладке котлованов, изменением рельефа при строительных работах, использованием привозимого насыщенного грунта). В настоящее время наблюдается регенерация почвенного и растительного покровов на одновременно и неоднородно нарушенных участках территории Станции в условиях характеризующего эту территорию специфического по полифакторности антропогенного прессинга. В зоне размещения Станции при ее строительстве и эксплуатации нарушено естественное сложение почв, причем полностью или частично утрачены или погребены гумусовые горизонты. На почвенную поверхность и в почвенную толщу привнесены инородные механические материалы (осколки стекла, куски арматуры, металлическая проволока, гвозди, гравий, различного рода строительный мусор). Имеет место загрязнение отдельных участков территории сливами минеральных смазочных масел и бензина. Посадка растений, создание газонов, внесение торфа при почвоулучшающих мероприятиях также оказывают влияние на регенерацию почвенного покрова. Дифференциальный учет воздействия на почвообразовательный процесс медленно действующих факторов — перераспределения осадков, тепловой энергии, ветрового давления, электромагнитных излучений достаточно сложен.

Результат почвенного анализа — идентификация в пределах пространства территории Станции четырех почвенных разностей, различающихся по степени нарушенности естественных почвенных профилей.

Почвенная разность первая — естественные малоизмененные почвы.

Почвенная разность вторая — молодые среднегенерированные почвы техногенно преобразованной природной среды:

- а) с наличием погребенного гумусового горизонта в почвенной толще,
- б) без погребенного гумусового горизонта в почвенной толще.

Почвенная разность третья — молодые слаборегенерированные почвы техногенно преобразованной природной среды.

Почвенная разность четвертая — молодые карликовые почвы техногенно преобразованной природной среды.

Почвенная разность первая — естественные малоизмененные почвы (разрезы NN 10, 13, 14, 15), находящиеся между Блоком N1 и Блоком N2 Станции на территории, не затронутой интенсивными строительными работами и характеризующиеся

- 1) четким разделением горизонтов по морфологическим и химическим свойствам;
- 2) сравнительно мощными гумусовыми горизонтами;

3) высоким содержанием в гумусовых горизонтах общего углерода, совпадающим с содержанием общего углерода в погребенных гумусовых горизонтах (что может служить возможным подтверждением ненарушенности);

4) кислой реакцией гумусовых горизонтов (слабощелочной у нижележащих горизонтов);

5) изменением отношения углерод общий / азот общий от 24 до 58 (свидетельствующим о сравнительно низком обогащении органического вещества азотом).

Характеристики почвенных разрезов следующие.

Разрез N10. Заросль *Salix* spp. (диаметром около 4 м и высотой 3 м), разнотравно-злаковый травяной покров в хорошем состоянии (высотой до 50 см и более), развитый моховый покров.

A<sub>0</sub> 0–1 см — неразложившиеся травяной и листовой опад и моховый оес.

A<sub>1</sub> 1–39 см — светло-серый сухой супесчаный непрочно-комковатый и неоднородный по плотности (1–19 см — уплотненный, 19–39 см — плотный) с большим количеством корней, переход резкий.

39–65 см — желтый сухой песчаный бесструктурный плотный с наличием корней, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход резкий.

В 65–75 см — сизо-синий влажный тяжелоуглинистый глыбистый очень плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Почва разреза N10 — дерново-карбонатная выщелоченная глеевая супесчаная на двучленных отложениях.

Разрез N14. Разнотравно-злаковый травяной покров, проективное покрытие — 100%, произрастают *Pinus*, *Tilia*, *Salix* высотой до 2,5–3 м.

A<sub>0</sub> 0–1 см — травяной и листовой опад, моховый оес. A<sub>1</sub> 1–13 см — темно-серый влажный супесчаный непрочно-комковатый плотный пронизанный корнями, переход резкий, волнистый.

A<sub>2</sub> 13–17 см — серовато-палево-сизоватый влажный опесчаненный легкий и слоисто-комковатый суглинок с корнями, переход ясный, неровный.

B<sub>g</sub> 17–34 см — неравномерно-окрашенный грязно-сизый с сизыми и ржаво-бурыми пятнами влажный опесчаненный слоисто-непрочнокомковатый плотный легкий суглинок, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход резкий.

В 34–52 см — ярко-ржаво-желтый влажный бесструктурный плотный песок, переход постепенный.

B<sub>g</sub> 52–100 см — желтый влажный бесструктурный плотный песок.

Почва разреза N 14 — дерново-карбонатная выщелоченная супесчаная глееватая на двучленном насосе.

Почвенная разность вторая — молодые среднерегенерировавшие почвы техногенно преобразованной природной среды, характеризующиеся по сравнению с почвами почвенной разности первой: 1) менее четким разделением горизонтов по морфологическим свойствам; 2) гумусовыми горизонтами меньшей мощности; 3) пониженным содержанием в гумусовых горизон-

тах общего углерода (за исключением почв газонов, удобренных торфом); 4) более щелочной реакцией почвенной толщи; 5) меньшим значением показателей отношения углерод общий / азот общий, и представленные: а) насыпными почвами с погребенными гумусовыми горизонтами; б) нарушенными почвами без признаков погребения гумусовых горизонтов.

Характеристики разрезов насыпных почв с погребенными гумусовыми горизонтами следующие.

Разрез N1. Травянистый покров разнотравно-злаковый. Насыпная часть супесчаная погребенная суглинистая с образовавшимися дерновыми гумусовыми горизонтами мощностью 12 см с содержанием общего углерода в количестве 1,42%, отношением углерод/азот — 8 и pH водной и солевой вытяжек близкой к нейтральной.

A<sub>1</sub>(d) 0–2 см — серый свежий супесчаный непрочно комковатый уплотненный, переход ясный.

A<sub>2</sub> 2–12 см — желтый свежий тонкосупесчаный бесструктурный с большим количеством корней, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход постепенный.

A<sub>1</sub>B 12–17 см — буровато-желтый свежий супесчаный бесструктурный с редкими корнями, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход постепенный.

В 17–35 см — палево-желтый свежий супесчаный с сизыми пятнами тяжелого суглинка и редкими корнями, переход резкий.

A<sub>2</sub> (погребенный) 35–40 см и глубже — серый с сизоватым оттенком свежий средней мелкокомковатый и очень плотный суглинок, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Почва разреза N1 — молодая дерново-карбонатная насыщенная супесчаная глеевая насыпная техногенно преобразованной природной среды с погребенным гумусовым горизонтом.

Разрез N5. Насыпная и погребенная части толщи тяжелого механического состава, гумусовый горизонт большей мощности и с содержанием общего углерода большим, чем в аналогичном горизонте разреза N1, при устройстве газонов в качестве удобрения внесен торф (вызвавший несколько более кислую реакцию солевых и водных вытяжек материала горизонта A<sub>1</sub>), механический состав насыпной части профилей достаточно однороден, илстые частицы не подвергались перераспределению, состав органического вещества гуматный — следствие действия органических удобрений, негидролизующий остаток составляет 50% — 80% от общего количества органического вещества, содержащегося в почве (что свидетельствует о слабой степени гумификации растительного опада и удобрений).

Разнотравно злаковая растительность, проективное покрытие около 30%, кочки, моховой покров развит очень слабо.

A<sub>1</sub> 1–8 см — темно-серый влажный супесчаный непрочно-комковатый плотный с заметной примесью хорошо разложившегося торфа и редкими сизыми пятнами горизонта B<sub>g</sub>, переход резкий.

B<sub>g</sub> 8–17 см — сизовато-палево-бурый влажный опесчаненный легкий слоисто-комковатый и плотный суглинок с корнями и редко с камнями, вскипающий при воздействии

10% соляной кислоты, на границе 0–1,5 см прослойка сизого тяжелого суглинка.

A<sub>2</sub> (погребенный) 17–26 см буровато-серый влажный супесчаный непрочно-комковатоглыбистый плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход резкий.

B<sub>g</sub> 26–38 см — сизый со ржавым оттенком по граням структурных отделностей влажный комковато-глыбистый тяжелый и очень плотный суглинок с примесью песка, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Почва разреза N5 — молодая дерново-карбонатная выщелоченная глееватая супесчаная насыпная техногенно преобразованной природной среды с погребенным гумусовым горизонтом.

Характеристики разрезов нарушенных почв, не имеющих признаков погребения гумусовых горизонтов, следующие.

Разрез N4. Разреженный разнотравно-злаковый покров с проективным покрытием около 30%, развитый моховой покров. Поверхностные горизонты почвы разреза 4 насыщены органическим веществом привнесенного торфяного удобрения, что определяется морфологически и по химическим свойствам — значительному содержанию общего углерода (достигающему 7%), кислой реакции солевой и водной вытяжек, повышенному значению гидролитической кислотности.

(A<sub>1</sub>) 0–2 см — темно-серый влажный непрочно-комковатый уплотненный супесчаный с примесью торфа, переход резкий, волнистый.

II(A<sub>2</sub>) 2–17 см — палево-серый сухой супесчаный бесструктурный уплотненный с большой примесью торфа, переход постепенный.

III(B<sub>g</sub>) 17–29 см — сизовато-палево-сизоватый свежий легкоуглинистый комковато-плитчатый очень плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, с поверхности незначительное количество щебня.

IV(B<sub>g</sub>) 29–35 см — сизый со ржавыми пятнами свежий тяжелоуглинистый плитчатый очень плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, на глубине 29 см незначительное скопление щебня.

Почва разреза N4 — молодая дерново-карбонатная выщелоченная глеевая супесчаная насыпная техногенно преобразованной природной среды.

Разрез N6. Очень густая тростниковая заросль с примесью влаголюбивых злаков и донника.

A<sub>1</sub> 0–1 см — серый влажный среднесуглинистый комковатый плотный с корнями, переход резкий неровный.

A<sub>2</sub>B<sub>g</sub> 1–12 см — серовато-грязно-сизый влажный тяжелоуглинистый комковато-глыбистый плотный с корнями, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход ясный.

B<sub>g</sub> 12–35 см — грязно-сизый влажный глинистый комковато-слоисто-глыбистый плотный с небольшим количеством корней, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты, переход постепенный.

B<sub>g</sub> 35–50 см — грязно-сизый со ржавыми пятнами глинистый глыбисто-слоистый более плотный с меньшим количеством корней, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

бранные для целей популяционного анализа, во-первых, повсеместно произрастают на территории производственной зоны Станции; во-вторых, их численность достаточна для популяционных заключений; в третьих, их биологический признак длинный вегетационный период, что необходимо для сезонных наблюдений (количество особей анализируемых растений, учитываемых на каждой пробной площадке при популяционном анализе, — 50–100).

Популяции анализировались на пробных площадках, выделенных на территории Станции (рис.6).

Результаты популяционного анализа изложены ниже.

Популяция клевера гибридного, именуемого также клевером шведским или клевером розовым (*Trifolium hybridum* L.), — рудерального или сорного бореального европейского растения — обитателя влажных и, реже, сухих лугов и пастбищ, кустарниковых зарослей, залежных земель, придомовых участков, обочин дорог. На территории производственной зоны Станции произрастает почти повсеместно (на площадках NN 1–14, 16–18, 20–22).

Число особей клевера гибридного на квадратный метр — 3–10 (минимум на площадках NN 1,7,8,13,14, 16; максимум на площадках NN 4,5,6,10,20,21,22). Средняя площадь корневой системы одной особи — 25,20 кв.см (минимум 2 кв.см, максимум 100 кв.см). Проективное покрытие изменяется от 20% (на площадках NN 1,8,16,23) до 95% (на площадке N 5). Средняя биомасса вегетативных органов одной особи — 12,5 г (минимум 4,25 г, максимум 39,7 г). Среднее число побегов у одной особи — 6,48 (минимум 1, максимум 21). Среднее число соцветий у одной особи — 17 (минимум 2, максимум 64). Среднее число цветков в соцветии — 43 (минимум 20, максимум 94). Среднее число цветков у одной особи — 740. Среднее число плодов в головке — 28 (минимум 3, максимум 62). Среднее число плодов у одной особи — 439. Среднее число семян в плоде — 2,37 (минимум 1, максимум 4). Среднее число семян у одной особи — 1040. Отношение числа цветков к числу плодов — коэффициент  $\chi/\phi$  в одном соцветии изменяется в пределах 1,27 — 1,84 (рис.7). Увеличение значения коэффициента (преобладание цветения над плодоношением), имеющее место в отдельных точках территории Станции, биологически не специфично, может быть косвенно связано с воздействием электромагнитного поля линии передачи электрической энергии (ЛЭП), с близостью к источникам тепла и газоснабжения, а также с морфофизиологическими преобразованиями при вторичном отращивании после скашивания. Вне территории производственной зоны Станции — на берегу Финского залива в г.Сосновый Бор выявлены особи клевера гибридного с значением коэффициента ( $\chi/\phi$ ), равным 1,12 (меньшим установленного на территории Станции).

Популяция ясколки дернистой (*Cerastium holostegoides* Fries) почти космополита, распространенного в умеренном поясе, обитающего как сорняк в посевах, на паровых полях, на залежных землях, на приусадебных и придорожных участках, на пойменных щучковых, мятликовых, разнотравно-злаковых и разнотравных лугах, на

суходольных лугах, вдоль обрывов коренных речных берегов, в негустых еловых и смешанных зеленомошно-долгомошных лесах, в сфагново-травянистых сосняках, на опушках сфагновых боров, по краю сфагновых болот, редкостойных березняков, кустарниковых зарослей, вырубок, гарей и морского побережья. Произрастает на половине территории производственной зоны Станции (на площадках NN 1, 5, 7, 9, 14, 19, 24).

Число особей ясколки дернистой — 3–17 на кв.м (минимум на площадках NN 4,5; максимум на площадках NN 1,3,24). Средняя площадь корневой системы на особь — 6,10 кв.см (минимум 2 кв.см, максимум 15 кв.см). Проективное покрытие изменяется от 0,5–1,0% (на площадках NN 4,5) до 10% (на площадке N1). Средняя биомасса вегетативных органов одной особи — 2,50 г (минимум 1,50 г, максимум 4,25 г). Среднее число побегов на особь — 2 (минимум 1, максимум 7). Среднее число соцветий (полузонтиков) на особь 5 (минимум 1, максимум 8). Среднее число цветков в соцветии 77 (минимум 3, максимум 12). Среднее число цветков на особь 13 (минимум 3, максимум 37). Среднее число плодов (коробочек) на особь — 14 (минимум 3, максимум 35). Среднее число семян в коробочке — 45 (минимум 18, максимум 61). Среднее число семян на особь — 612.

Популяция скерды кровельной (*Crepis tectorum* L.) — бореального евразийского широко распространенного растения, к северу менее обычного, обитателя огородов, обочин дорог, кустарниковых зарослей, лугов, режесных полей, вырубок и песчаных осыпей. Произрастает на половине территории производственной зоны Станции (на площадках NN 1, 4, 5, 9, 10, 11, 14, 18, 19, 20, 22, 24).

Число особей скерды кровельной 3–9 на кв.м (минимум на площадках NN 1,10,24; максимум на площадках NN 4,5,9,10,20). Средняя площадь корневой системы на особь — 15,45 кв.см (минимум 1,50 кв.см, максимум 25,50 кв.см). Проективное покрытие колеблется от 1,0% (на площадках NN 1,24) до 10,0% (на площадках NN 4,5). Средняя биомасса вегетативных органов одной особи — 6,58 г (минимум 0,95 г, максимум 17,20 г). Побег у всех особей один. Среднее число соцветий (гомогамных корзинок) на особь — 6 (минимум 3, максимум 16). Среднее число цветков в соцветии — 39 (минимум 12, максимум 71). Среднее число цветков на особь — 250. Среднее число плодов (семян) в корзинке — 20 (минимум 9, максимум 36). Среднее число плодов (семян) на особь — 128.

Популяция трехреберника непашучего (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip.) — сорняка, обычного в умеренной части Европы, обитателя полей, лугов, посевов, канав, обочин дорог, берегов рек, околородовых участков. На территории производственной зоны Станции произрастает повсеместно (на площадках NN 1–24).

Число особей трехреберника непашучего — 3–70 на кв.м (минимум на площадках NN 1, 2, 8, 15, 17, максимум на площадках NN 3, 4, 5, 6, 7, 9, 20). Средняя площадь корневой системы на особь 10,8 кв.см (минимум 2,0 кв.см, макси-

мум 38,0 кв.см). Проективное покрытие от 3–4% (на площадках NN 2,5,18) до 50–70% (на площадках NN 3,4,9,20). Средняя биомасса вегетативных органов одной особи 8,38 г (минимум 2,70 г, максимум 20,50 г). Число побегов на особь — 3 (минимум 1, максимум 6). Среднее число соцветий (гетерогамных корзинок) на особь — 10 (минимум 3, максимум 34). Среднее число краевых цветков в корзинке 18 (минимум 12, максимум 22). Среднее число цветков диска в корзинке — 252 (минимум 150, максимум 343). Среднее число краевых цветков на особь — 195. Среднее число цветков диска на особь — 2661. Среднее число плодов (семян) в корзинке — 138 (минимум 17, максимум 216). Среднее число плодов (семян) на особь — 1454.

Установленные характеристики модельных популяций свидетельствуют об их определенной надежности и устойчивости и об относительной оптимальности условий их существования.

## ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ

Фитопатологическая индикация — самостоятельная категория биологической и, в частности, ботанической индикации, предназначенная для выявления и оценки меры экологической опасности и опасности для здоровья растений, животных и человека с использованием сведений о нарушениях в развитии, строении и жизнедеятельности клеточных органелл, клеток, клеточных аппаратов, тканей, тканевых систем, органов и систем органов растительных организмов и растительных организмов в целом, возникновение которых обусловлено повреждающим воздействием соответственно цитотропных, гистотропных, органотропных и эмбриотропных фитопатогенных агентов, потенциально патогенных не только для растений, но и для животных организмов и человека.

Разделы и, соответственно, методики фитопатологической индикации, существующие для установления состояния природной среды Станции, — индикация на основе анализа пыльцевых зерен (палиноиндикация), индикация на основе анализа цветков и соцветий (антоиндикация), индикация на основе анализа плодов и соплодий (карпоиндикация), индикация на основе анализа эмбрионов (эмбриоиндикация), индикация на основе анализа почек (геммоиндикация), индикация на основе анализа стеблей (каулоиндикация), индикация на основе анализа древесины как тканевой системы (ксилоиндикация), индикация на основе анализа профиля (рельефа) поверхности аплендикулярных органов (профилоаминоиндикация), индикация на основе анализа систем «растение-хозяин — симбионт, или паразит» (симбиоиндикация).

### Палиноиндикация

Палиноиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикаторных показателей характеристик пыльцевых зерен, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе

Почва разреза N6 отличается более тяжелым механическим составом (по сравнению с почвой разреза N4), несколько более пониженным расположением по рельефу и, вследствие этого, большей степенью выраженности оглеения.

Почва разреза N6 — молодая дерново-карбонатная насыщенная глеевая среднесуглинистая техногенно преобразованной природной среды.

Почвенная разность третья — молодые слабо регенерировавшие почвы техногенно преобразованной природной среды.

Морфологически и аналитически почвенные горизонты в профилях почв слабо различимы, имеет место тенденция биогенного накопления в верхних горизонтах азота общего и углерода общего, качественный состав органического вещества в профиле почти постоянен.

Разрез N11. Подрост *Pinus, Salix, Betula*, разнотравно-злаковый травяной покров в хорошем состоянии, проективное покрытие 100%, развитый моховой покров.

Аод 0–1 см — неразложившиеся травяной и листовой опад, очес мха.

Ig 1–9 см — светлый грязно-серовато-сизоватый влажный опесчаненный комковатый плотный средний суглинок с корнями, переход постепенный.

Ilg 9–20 см — серовато-сизоватый влажный слоисто-комковатый плотный с корнями опесчаненный средний суглинок, переход ясный.

IIlg 20–34 см — сизоватый с палевым оттенком комковато-плитчатый средний суглинок с меньшим количеством корней, переход ясный.

IVg 34–45 см — сизый с бурими пятнами влажный плитчато-слоистый очень плотный тяжелый суглинок.

Почва разреза N11 — молодая дерново-карбонатная выщелоченная глеевая легкосуглинистая техногенной экосистемы.

Разрез N12. Разнотравно-злаковый травяной покров (разнотравье, *Urtica, Tussilago*).

A, 0–1 см — неразложившиеся травяной и листовой опад и моховой очес.

IG 1–12 см — грязно-сизый с сероватым оттенком влажный опесчаненный комковато-глыбистый плотный средний суглинок с большим количеством корней, переход постепенный.

IIG 12–27 см — грязновато-сизый с палевым оттенком влажный глыбисто-слоистый плотный среднесуглинистый с корнями, переход постепенный.

IIIG 27–37 см — грязно-сизый влажный плитчато-глыбистый очень плотный среднесуглинистый с корнями.

Почва разреза N12 — молодая дерново-карбонатная выщелоченная глеевая среднесуглинистая техногенно преобразованной природной среды.

Почвенная разность четвертая — молодые карликовые почвы техногенно преобразованной природной среды, представленные эоловыми и водными локальными наносами на железобетонных плитах и пятнистыми образованиями на песчаных железнодорожных насыпях, встречающиеся практически повсеместно на территории производственной зоны Станции и характеризующиеся

1) плотным лишайниково-моховым растительным покровом;

2) под растительным покровом наличием микропрофиля мощностью 1,0–1,5 см, четко дифференцированного на тонкоолейные микрогоризонты.

3) формированием непосредственно под растительным покровом микрогоризонта A<sub>1</sub> с содержанием углерода общего от 0,71% до 5,44%, с реакцией среды водных вытяжек — около 8; с сульфатно-гуматным составом органического вещества, с отношением углерод гуминовых кислот/углерод фульвокислот микрогоризонта A<sub>1</sub> в пределах 0,8–1,0, с негидролизуемым количеством органического вещества (равным 70–80%), с отношением углерод/азот от 8–10 в минеральных микрогоризонтах и до 18–30–45 в микрогоризонтах A<sub>1</sub> (следует отметить, что особенности образовавшихся карликовых почв обусловлены условиями их формирования — незначительным количеством мелкозема, а также резко контрастным режимом влажности и температуры на плитах и на свежих песчаных насыпях, неблагоприятными для развития высших растений).

Разрез N25. Железобетонная плита. Большая часть поверхности занята лишайниково-моховыми куртинами, развитыми на легкосуглинистом минеральном наносе. Редкие злаки.

(I) 0–0,5 см — темно-серый легкосуглинистый мелкокомковатый плотный с трудом отделяющийся от лишайниково-моховой куртины, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

(II) 0,5–1,0 см — серовато-палевый легкосуглинистый мелкокомковатый и плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Мощность отложений составляет около 1 см, под отложениями железобетонная плита.

Почва разреза N25 — молодая дерново-карбонатная насыщенная легкосуглинистая наносная карликовая техногенно преобразованной природной среды.

Разрез N27. Железобетонная плита с мохово-лишайниковыми куртинами на поверхности.

I 0–0,5 см — светло-серый легкосуглинистый мелкокомковатый плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

II 0,5–1,5 см — буровато-палевый легкосуглинистый мелкокомковатый плотный, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Почва разреза N27 — молодая дерново-карбонатная насыщенная легкосуглинистая наносная карликовая (на железобетонной плите).

Разрез N26. Песчаная насыпь узкоколейной железной дороги, пространство между шпалами, на 30% поверхности лишайниково-моховая куртина.

I 0–0,5 см — светло-серый супесчаный с трудом отделяющийся от лишайниково-моховой куртины, вскипающей при воздействии 10% соляной кислоты.

II 0,5–1,0 см — серовато-желтый бесструктурный песок, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

III 1,0–1,5 см — желтый, бесструктурный песок, вскипающий при воздействии 10% соляной кислоты.

Почва разреза N26 — молодая дерново-карбонатная насыщенная супесчаная насыпная карликовая техногенно преобразованной природной среды.

Анализа и сопоставление сведений о почвенном покрове (Надпорожская и соавт., 1997) свидетельствует о следующем.

Почвенный покров территории производственной зоны Станции по показателям степени и времени нарушения, а также по характеристикам стадий регенерации неоднороден, так как практически вся территория Станции в той или иной мере в процессе строительства блоков, производственных зданий, сооружений и транспортных дорог, при установлении опор линий передачи электрической энергии и т.д. подверглась антропогенному воздействию.

По преобладанию исходных пород легкого или тяжелого механического состава в верхней минеральной толще территории Станции разграничивается на две неравные части. Большая — северо-восточная часть территории характеризуется почвами тяжелого механического состава (от суглинков до глины), отличающимися повышенной степенью оглеения и переувлажнением. В юго-западной части преобладают супесчаные почвы с более контрастным водным режимом.

Солевые и водные вытяжки из почв территории Станции характеризуются преобладанием щелочной и слабощелочной реакции и низкими значениями гидролитической кислотности, что значительно отличает их от зональных почв прилегающих территорий, имеющих ненарушенный естественный растительный покров. Почвы территории Станции незасоленные (сухой остаток водных вытяжек — до 0,3%). Повсеместно в поверхностных горизонтах нарушенных почв на территории Станции происходит биогенное накопление углерода и азота, количественные показатели которого зависят от стадии регенерации почв. Состав органического вещества почв фульфатно-гуматный и гуматный. Закономерное распределение валового фосфора по профилю почв не выявлено. Содержание валового калия в почвах коррелирует с содержанием физической глины. Распределение фракций почвенных механических частиц по почвенному профилю обусловлено естественным сложением пород и перераспределением масс почв и грунтов по поверхности при строительных работах.

Через 30 лет после начала создания Станции почвенный покров территории ее производственной зоны — сочетание молодых и ненарушенных почв — дерново-карбонатных насыщенных, дерново-карбонатных выщелоченных, различающихся по мере увлажнения; а также почв нормального увлажнения, находящихся на разных стадиях регенерации, происходящей по типу зонального почвообразования на карбонатных породах.

## Флора

Флора (систематическое разнообразие растений в определенном пространстве в определенные исторические сроки) — основной компонент биотической составляющей природной среды, экологических систем. Характеристики флоры существенны, во-первых, при установлении возможностей сохранения, развития, а при нарушении и восстановления почвенного покрова, растительного покрова, ценозов, трофодинамических цепей и экосистем в целом (с фондом биотопов (экотопов), экологических коридоров и рефугиумов). Они

крайне важны, во-вторых, при установлении возможностей улучшения и при практическом улучшении [в частности, при целенаправленном озеленении (см.: Слепян, 1984б)] условий и качества окружающей среды и условий и качества жизни как для самих растительных организмов, так и для животных организмов и для человека. Они необходимы и высокоинформативны, в-третьих, при определении условий, закономерностей, возможностей и путей управления процессами повышения надежности и устойчивости ценозов и экосистем в целом. Важнейший по значению аспект области знания о флоре (флористики) — флористический анализ, следовательно — обязательный элемент диагностики состояния и прогнозирования изменений природной среды при обосновании, разработке и осуществлении экотехнических и биотехнических мероприятий, направленных на создание систем экологической защиты, на экологическую оптимизацию, предусматривающих уменьшение экологической опасности и обеспечение экологического комфорта.

Основное значение для природной среды территории производственной зоны Станции с учетом сущности осуществляющихся в ее пределах экологических процессов имеют флора водорослей, флора мхов и флора сосудистых растений.

### Водоросли

Водоросли — обитатели водной и наземной физических сред, в том числе и аэрофильного перифитона, формирующегося на коре деревьев, — высокоинформативные биологические индикаторы состояния экологических систем, что свидетельствует о целесообразности анализа их видового состава и ценозов на территории производственной зоны Станции. Объекты анализа — планктон водосборного и водозаборного каналов и перифитон почвенного покрова, коры деревьев, а также различных техногенных субстратов.

Основные результаты анализа водорослей следующие (табл. 4-5; рис. 2-3).

#### 1. Водные объекты территории Станции.

В составе ценозов идентифицированы водоросли 85 видов, основные из которых — 30. Среди доминантов, субдоминантов, а также среди сопутствующих им водорослей синезеленые — 24 вида (28,2%), пиррофитовые — 5 видов (5,9%), золотистые — 2 вида (2,4%), диатомовые — 35 видов (41,2%), зеленые — 19 видов (22,3%).

2. Водосборный канал (незамерзающий, с температурой водной среды от 11°C до 36°C, с превышением температуры в иных водных объектах на 7-12 С, что создает условия для круглогодичной вегетации водорослей).

На участках канала, подверженных значительному обогреву, на расстоянии 100 м от охлаждающих ванн идентифицированы водоросли 79 видов, среди которых синезеленые — 21 вид, пиррофитовые 5 видов, диатомовые — 33 вида и зеленые — 20 видов. На обогреваемом участке канала формируются ценозы водорослей с доминированием энтероморфы кишечнообразной [Enteromorpha intestinalis (L.) Link]. В летнее время водоросли образуют макрокопические кустистые обрастания. Площадь

покрытия субстрата от уреза воды до глубины 1 м достигает 60-100%, толщина разрастания изменяется от 0,3 см до 10 см и более (2-6 баллов). Индекс доминирования энтероморфы кишечнообразной [Enteromorpha intestinalis (L.) Link] соответствует 46-71. Доминирующий вид константен (частота встречаемости 100%). Субдо-минанты ведущего комплекса видов — спиригира (Spirogyra sp.) с высоким постоянством встречаемости (35-50%), кладофора клубочковая (Cladophora glomerata Kutz.), формидиум ямочный [Phormidium foveolarum (Mont.) Gom.], осциллятория короткая [Oscillatoria brevis (Kutz.) Gom.]. Среди диатомовых водорослей в составе перифитона велика роль представителей рода *Cocconeis*, в частности, кокконеис педикулус (*Cocconeis pediculus* Ehr.) и кокконеис блинообразный (*Cocconeis placentula* Ehr.), а также ройкосфении согнутой [*Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun.] и фрагилярии перистой (*Fragilaria pinnata* Ehr.). В толще водных масс вегетируют термофильные водоросли синехоцистис солончаковый (*Synechocystis salina* Wisl.), синехоцистис крохотный (*Synechocystis minuscula* Woronich.), синехококкус удлиненный (*Synechococcus elongatus* Nag.) и глеокапса точечная (*Gloeocapsa punctata* Nag.). На участках водосборного канала при более слабом прогреве воды возникает ценоз с доминированием вошерии сидячей [*Vaucheria sessilis* (Vauch.) D.C.], спиригиры (Spirogyra sp.) и кладофоры клубочковой (Cladophora glomerata Kutz.). Видовой состав ценоза включает 38 видов. Доминирующие виды константны, постоянство их встречаемости до 100%. Довольно высокое постоянство встречаемости характерно, далее, для афанизоменона цветения воды [*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs], диатомы обыкновенной (*Diatoma vulgare* Bory), видов родов ницшия (*Nitzschia*) и навикула (*Navicula*), для кокконеис педикула (*Cocconeis pediculus* Ehr.), кокконеис блинообразный (*Cocconeis placentula* Ehr.), ройкосфении согнутой (*Rhoicosphenia curvata* Bory) и фрагилярии перистой (*Fragilaria pinnata* Ehr.).

#### 3. Копорская губа.

В прибрежной части Губы выявлены водоросли 22 видов, среди которых доминируют энтероморфа кишечнообразная [Enteromorpha intestinalis (L.) Link], кладофора клубочковая (Cladophora glomerata Kutz.), ризоклонииум береговой [*Rhizoclonium riparium* (Roth) Harv.], формидиум ямочный [Phormidium foveolarum (Mont.) Gom.], осциллятория короткая [Oscillatoria brevis (Kutz.) Gom.] и вошерия сидячая [*Vaucheria sessilis* (Vauch.) D.C.]. Частота их встречаемости — 40-100%. Остальные виды в ценозе сопутствующие или случайные. Интенсивность их развития несколько ниже, чем в водозаборном канале. В летнее время площадь покрытия субстрата от уреза воды до глубины 1 м — 10-50%. Толщина разрастаний, образуемых микроводорослями, — 0,3-5 см. В планктоне руководящий комплекс видов включает синезеленые водоросли — нодулярию пенорожденную (*Nodularia spumigena* Mert.), гомфосферу озерную (*Gomphosphaeria lacustris* Chod.), осцилляторию планктонную (*Oscillatoria planctonica* Wolosz.) и осцилляторию тонкую (*Oscillatoria tenuis* Ag.), диатомовые водоросли — скелетонему солонцеватую

[*Skeletonema subsalsum* (A.C.I.) Bethge], хетцерос Вигамы (*Chaetoceros wighamii* Bright.), некоторые виды родов ницшия (*Nitzschia*) и навикула (*Navicula*), а также зеленые водоросли сценедесмус четыреххвостный [*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Vreb.], сценедесмус косой [*Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kutz.], анкистродесмус суженный (*Ankistrodesmus angustus* Bern.) и наутококкус (*Nautococcus* sp.).

#### 4. Водозаборный канал.

В водах водозаборного канала, берущего начало в Копорской губе, идентифицированы водоросли 45 видов — 15 видов синезеленых, 1 вид пиррофитовых, 2 вида золотистых, 19 видов диатомовых и 8 видов зеленых. В состав доминирующего комплекса водорослей планктона входят те же виды, что и обитающие в водах Копорской губы. В составе обрастаний в водозаборном канале, расположенном в непосредственной близости от водосборного канала, в течение летнего сезона водоросли образуют сплошной ковер кустистых разрастаний, включающих энтероморфу кишечнообразную [Enteromorpha intestinalis (L.) Link], вошерию сидячую (*Vaucheria sessilis* (Vauch.) D.C.), кладофору клубочковую (Cladophora glomerata Kutz.) и спиригиру (Spirogyra sp.). Частота встречаемости доминирующих видов 73-89%. Площадь покрытия дна от уреза воды до глубины 1 м — 100%. Толщина разрастания водорослей достигает 5-10 см и более.

#### 5. Водные объекты у территории Станции.

В комплексе видов водорослей — гидробионтов — индикаторов сапробности, обитающих в водных объектах, граничащих с территорией Станции, идентифицированы водоросли 45 видов (58%), среди которых олигосапробные — 2 вида (4,4%), олиго-ксеносапробные — 1 вид (2,2%), олиго-бетамезосапробные — 8 видов (17,8%), бетамезосапробные — 1 вид (2,2%) и альфамезосапробные — 5 видов (11,1%). В комплекс видов — показателей сильнозагрязненных вод входят осциллятория короткая [*Oscillatoria brevis* (Kutz.) Gom.], осциллятория тонкая (*Oscillatoria tenuis* Ag.), формидиум ямочный [Phormidium foveolarum (Mont.) Gom.] и навикула скрытоголовая (*Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala* Kutz.). Наиболее высокий процент видов — биологических индикаторов сапробности имеет место в водоемах-охладителях (77,8%), что свидетельствует о накоплении в водной массе и в донных отложениях органических абιοгенных и биогенных химических загрязнителей.

#### 6. Аэрофильный перифитон.

Состав наземных водорослей аэрофильного перифитона территории производственной зоны Станции относительно беден — 37 видов (синезеленые — 9 видов, диатомовые — 6 видов, желто-зеленые — 3 вида, зеленые — 19 видов), что характерно для загрязненных промышленных и урбанизированных территорий. Упомянутый комплекс включает в свой состав хлорхормидиум рассеченный [*Chlorhormidium dissectum* (Gay) Fareogul], хлорхормидиум повилистый [*Chlorhormidium flaccidum* (Kutz.) Fott], улотрикс перепутанный (*Ulothrix implexa* Kutz.), трентеполия крючковатая [*Trentepolia uncinata*



механических) повреждающих агентов. Основа палиноиндикации — палиноморфологический анализ (см.: Сладков, 1982, и мн. др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей палиноиндикации, — вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.) и иван-чай узколистый [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.].

Результаты палиноморфологического анализа, осуществленного с целью палиноиндикации, следующие:

1. Установлено, что пыльцевые зерна, образовавшиеся у вязов и иван-чая узколистого на территории Станции, не поддаются обработке с применением ацетилованной методики в традиционном варианте (лишь при увеличении срока термического воздействия на зерна в ацетилирующей смеси с 1-ой минуты до 4-5-ти минут они «провариваются» и становятся доступными для светооптической исследования; не «проварившиеся» пыльцевые зерна напоминают субфоссильные, рассматриваемые в палеопалинологии как деформированные в условиях литогенеза). Причина сложности обработки пыльцевых зерен, по-видимому, — изменения химического состава их оболочек в процессе формирования, вызываемые повреждающими агентами окружающей среды.

#### 2. У вяза гладкого

а) диагностированы этиологически неспецифичные тератоморфы (тератоплазии) 45 видов, которые могут быть объединены в 6 групп типов — 1). безапертурные, 2). одноапертурные, 3). дваапертурные, 4). трехапертурные, 5). четырёхапертурные, 6). пятиапертурные;

б) апертурный аппарат изменен как качественно, так и количественно (конфигурация пор нарушается, диаметр пор варьирует от 0,769 мкм до 7,00 мкм и более даже у одного пыльцевого зерна);

в) экина пыльцевых зерен изменяется (ее толщина варьирует от 2,31 мкм до 0,80 мкм, скульптура у большинства зерен извилисто-сетчатая и у многих зерен сглажена, окраска зерен варьирует от бурой до бледно-желтой, зерна даже с толстой экиной оказываются как бы смятыми).

3. Количество стерильных пыльцевых зерен у вяза гладкого и вяза шершавого превышает количество фертильных (табл. 10).

4. У иван-чая узколистого диагностированы нарушения морфологического строения пыльцевых зерен различных категорий (рис. 8):

а) наряду с трехпорвыми пыльцевыми зернами диагностированы однопорвые, двухпорвые симметричные, двухпорвые диссимметричные, трехпорвые диссимметричные, трехразпорные, четырехпорные симметричные, четырехпорные диссимметричные, четырехразпорные, пятипорные симметричные, пятипорные диссимметричные и пятиразпорные;

б) длина полярной оси пыльцевых зерен варьирует от 26,0 мкм до 92,3 мкм (при норме соответственно 70,0 мкм и 72,0-73,0 мкм);

в) апертурный аппарат пыльцевых зерен как качественно, так и в количественном изменен

г) изменены количество слоев экины, ее толщина и тип скульптуры;

д) пигментация пыльцевых зерен варьирует от темно-бурой до бледножелтой со стеклян-ным блеском (сходной с пигментацией пыльцевых зерен некоторых четвертичных растений, рассматриваемой в палеопалинологии как результат литогенеза).

5. Тератоморфы (тератоплазии), диагностированные у пыльцевых зерен на территории производственной зоны Станции, этиологически неспецифичны. Нозографически сходные тератоморфы пыльцевых зерен диагностированы на территории Санкт-Петербурга, в частности, в местах с загрязнением воздушного бассейна газодымяными автомобильными выбросами (Слепян, Волошко и соавт., 1997а, 1997б).

#### Антоиндикация

Антоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик цветков и соцветий (андроцея, гинецея, околоцветника и цветоножки), нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа антоиндикации — антоморфологический анализ (см.: Goebel, 1931, Troll, 1957, 1964; Федоров, Артюшенко, 1975, 1979; Первухина, 1979, и мн. др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей антоиндикации, — шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), иван-чай узколистый [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.], полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.).

Результаты антоморфологического анализа, осуществленного с целью антоиндикации, следующие:

1. У шиповника морщинистого диагностированы (табл. 11, 12; рис. 9, 10)

а) частичная или полная гипогенезия лепестков венчика;

б) формирование 4-лепестковых, 6-лепестковых и 7-лепестковых венчиков;

в) образование лепестков венчика с приобретением участками тканей мезофилла строения, свойственного тканям мезофилла чашелистиков;

г) образование чашелистиков с строением, свойственным лепестку венчика;

д) метаморфоз одной тычинки или нескольких тычинок в малоразмерные лепестковидные новообразования;

е) метаморфоз одной тычинки или нескольких тычинок в полноразмерные лепестковидные новообразования;

ж) увеличение числа цветков на репродуктивных побегах до сорока;

з) образование скоплений репродуктивных побегов с укороченными или удлинненными цветоножками, характеризующихся признаками «ведьминой метлы»;

и) заложение смешанных почек на цветоножках с последовательным многократным ветвлением последних и с образованием на цветоножках нормально развитых цветков;

к) возникновение малоцветковых и многоцветковых репродуктивных побегов с образо-

ванием на одном репродуктивном побеге до 40 цветков и более;

л) дифференциация особей в микропопуляции на четыре группы: группу особей первую — с преобладанием одноцветковых репродуктивных побегов (50% от общего количества побегов) и с их асимметричным распределением; группу особей вторую — с преобладанием 4-5-цветковых побегов (56,5% от общего количества побегов) с их распределением, близким к нормальному; группу особей третью — с преобладанием одноцветковых побегов (35,8% от общего количества побегов) и четырехцветковых побегов (22,4% от общего количества побегов) с их бимодальным распределением; группу особей четвертую — с преобладанием одноцветковых побегов (26,8% от общего количества побегов) и пятицветковых побегов (17,5% от общего количества побегов) с их бимодальным распределением (количество антотератоморф всех категорий от общего числа цветков — до 17,0%, количество антотератоморф на основе гипогенезии одного или нескольких лепестков от общего количества цветков — до 9,0%, количество антотератоморф с 6-лепестковыми и 7-лепестковыми венчиками от общего количества антотератоморф — до 35% и более, количество антотератоморф на основе метаморфоза тычинок в лепестковидные новообразования от общего количества антотератоморф — до 48,0%).

2. У иван-чая узколистого диагностированы

а) гипогенезия терминального соцветия (0,5% от общего числа соцветий);

б) многократное ветвление стебля соцветий, у ряда стеблей с перевершиниванием.

3. У полыни горькой диагностирован гигантизм стеблей соцветий.

#### Карпоиндикация

Карпоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик плодов (собственно перикарпия, плодоножки, а также семян), нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа карпоиндикации — карпоморфологический анализ (Кадек, 1964; Левина, 1967, 1987; Тахтаджян, 1985; Артюшенко, Федоров, 1986, и др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции, и использованные для целей карпоиндикации, — дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jack f. ex Reichenb.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.).

Результаты карпоморфологического анализа, осуществленного с целью карпоиндикации, следующие:

1. У дудника лесного (ср.: Тихомиров, Галахова, 1965; Тюрина 1976, Дзюба, 1997) диагностированы (рис. 11)

а) низкий мерикарпий и плодов в целом;

(Gobi) Hansg.), синехококкус удлинённый (*Synechococcus elongatus* Nag) и формидиум амочный (*Phormidium foveolarum* (Mont.) Gom.).

#### 7. Наземные водоросли.

В составе видового комплекса наземных водорослей идентифицированы биологические индикаторы 17 видов (38,5% от общего числа видов). Среди индикаторов сапробиости альфа-мезосапробиальные 22,2%, бета-мезосапробиальные — 61,1%, бетаальфа-мезосапробиальные 5,6%, бета-олиго-мезосапробиальные — 5,6%, ксено-бета-мезосапробиальные 5,6%.

Тератоморфы водорослей, возникшие после аварии на Чернобыльской атомной электрической станции (Сиренко и соавт. 1991), в пространстве Ленинградской атомной электрической станции не диагностированы.

Высокие показатели сапробиального загрязнения установлены в водосборной и водозаборной системах Станции, в которых круглогодичный подогрев воды способствует интенсивному разрастанию водорослей, имеющему место не только в водосборном канале, но и в прибрежной части Копорской губы. Результат интенсивного разрастания — образование избыточной первичной биомассы и вторичное загрязнение водоемов — антропогенная эвтрофикация. Непосредственная близость водозаборного устройства около водосборного канала способствует развитию водорослей в трубах.

#### Мхи

Бриофлора территории производственной зоны Станции представлена мхами 61 вида, принадлежащими 23 семействам и 44 родам (табл. 6).

Ведущие 10 семейств —

1. Bryaceae — 8 видов (13,1%),
2. Amblystegiaceae — 7 видов (11,5%),
3. Brachytheciaceae — 6 видов (9,8%),
4. Polytrichaceae — 4 вида (6,6%),
5. Mniaceae — 4 вида (6,6%),
6. Hylocomiaceae — 4 вида (6,6%),
7. Pottiaceae — 3 вида (4,9%),
8. Grimmiaceae — 3 вида (4,9%),
9. Ditrichaceae — 3 вида (4,9%),
10. Dicranaceae — 3 вида (4,9%),

охватывающие 73% бриофлоры территории Станции.

Бриофлора территории Станции в целом характеризуется:

1. наличием в ее составе бореальных видов, свойственных коренным таежным лесам, и видов широколиственных лесов, включая типичные неморальные;
2. преобладанием эпигейной (напочвенной) бриофлоры, объединяющей мхи 52 видов;
3. экспансией мхов 20 видов на субстраты антропогенного происхождения — бетонированные конструкции, фундаменты зданий, люки, поребрики тротуаров, и т.п. (табл. 7; рис. 4);
4. разнообразием эпилитной бриофлоры (включающей мхи 14 видов);
5. наличием кальцефильной бриофлоры (включающей мхи 17 видов).

Ценоотическая структура моховой растительности территории Станции характеризуется преобладанием темнохвойного комплекса (с мхами 10 видов), включающего в свой состав в первую очередь виды — типичные напочвенные мхи коренных таежных лесов *Hylocomium*

*splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G., *Climacium dendroides* (Hedw.) Beauv., *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.

Комплекс видов, характерный для светлых (сосновых) лесов представлен мхами 5 видов — *Polytrichum commune* Hedw., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Racomitrium heterostichum* (Hedw.) Brid.

Разнообразен комплекс мхов широколиственных лесов, представленный как достаточно распространёнными мхами, в частности *Pyliasiella polyantha* (Hedw.) Grout., *Brachythecium populeum* (Hedw.) Schimp. in B.S.G., *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. et Tayl., так и редкими мхами — *Leskeella nervosa* (Brid.) Loeske и *Orthotrichum anomalum* Hedw.

К комплексу мхов смешанных мелколиственных лесов, обитающих на территории производственной зоны Станции, принадлежат мхи 4 видов — *Thuidium recognitum* (Hedw.) Lindb., *Brachythecium salebrosum* (Web. et Mohr.) Schimp. in B.S.G., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. и *Eurhynchium pulchellum* (Hedw.) Jenn.

Комплекс мхов, характеризующий облесенные и открытые переувлажненные местообитания, представлен на территории производственной зоны Станции 8 видами — *Plagiomnium affine* (Bland) T.Kop., *Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb., *Campylium stellatum* (Hedw.) C.Jens и *Campylium chrysophyllum* (Brid.) J.Lange (свойственными облесенным местообитаниям и *Funaria hygrometrica* Hedw., *Warnstoria exannulata* (Guemb.in B.S.G.) Loeske и *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn. et al (пасселяющимися на открытых местообитаниях).

Луговая бриофлора на территории производственной зоны Станции представлена мхами 8 видов — *Seligeria recurvata* (Hedw.) Bruch. et Schimp. in B.S.G., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Saelania glaucescens* (Hedw.) Broth. in Bomanss. et Broth., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch. et Schimp. in B.S.G., *Hedwigia ciliata* (Hedw.) Beauv., *Abietinella abietina* (Hedw.) Fleisch. и *Brachythecium campestre* (C.Muell.) Schimp. in B.S.G.

Особая группа мхов, обитающих на территории Станции, — 17 видов, характерных для песчаных, песчано-глинистых и известкодержущих субстратов, для которых в первую очередь принадлежат относительно обычные и широкораспространённые *Bryum argenteum* Hedw., *Ditrichum heteromallum* (Hedw.) Britt., *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp., *Dicranella subulata* (Hedw.) Schimp., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Barbula unguiculata* Hedw., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils., *Atrichum tenellum* (Rohlf.) Bruch. et Schimp. in B.S.G.

По сравнению с Котельским заказником (созданным в 1976 г. вокруг системы из пяти озер — Копанского, Глубокого, Бабинского, Судачьего и Хаболовского для сохранения уникальных ландшафтных комплексов Западной Ленинградской области), характеризующимся богатой бриофлорой, включающей достаточно полно мхи таежных и широколиственных лесов (Вьюнова, 1992), бриофлора территории Станции

обеднена, так как подвержена техногенному воздействию.

В целом территории Станции присущи:

1) распространение мхов, свойственных нарушенным местообитаниям, — *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespitium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wils., *Funaria hygrometrica* Hedw.

2) уменьшение количества видов — представителей эпифитной и эпиксильной бриофлоры;

3) массовое заселение мхами антропогенных субстратов;

4) достаточное разнообразие и наличие редких и бриологически интересных видов мхов (12 видов).

У мхов ряда видов — *Amblystegium varium* (Hedw.) Lindb., *Barbula unguiculata* Hedw., *Brachythecium salebrosum* (Web. et Mohr.) Schimp. in B.S.G., *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Ditrichum heteromallum* (Hedw.) Britt., *Funaria hygrometrica* Hedw., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. и *Pyliasiella polyantha* (Hedw.) Grout. диагностированы абиогенные тератоморфы (тератоплазии) 12 типов; пять из которых — пороки развития и строения спорогона, 4 — пороки развития и строения коробочки, три — пороки развития и строения ножки спорогона (табл. 8).

Диагностированные тератоморфы этиологически неспецифичны и возникают у мхов в процессе их индивидуального развития и жизненного цикла в пространстве экологических систем, подвергающемся абиотическим и, в первую очередь, техногенным повреждающим воздействиям.

#### Сосудистые растения

Флора сосудистых растений территории производственной зоны Станции представлена растениями 277 видов — представителями 178 родов и 52 семейств, в том числе 2 видами хвощеобразных, одним видом папоротникообразных, 5 видами голосеменных, 41 видом однодольных и 228 видами двудольных растений (табл. 9).

Семейства, ведущие по числу видов:

1. Сложноцветные — 38 видов (30 родов)
2. Злаковые — 28 видов (18 родов)
3. Розовые — 25 видов (13 родов)
4. Бобовые — 17 видов (8 родов)
5. Гвоздичные — 14 видов (10 родов)
6. Крестоцветные — 12 видов (12 родов)
7. Ивовые — 11 видов (2 рода)
8. Губоцветные — 10 видов (8 родов)
9. Гречишные — 10 видов (4 рода)
10. Зонтичные — 9 видов (9 родов).

Анализ состава флоры сосудистых растений по географическим элементам и экологической приуроченности подтверждает ее вторичный характер. В составе флоры преобладают сорные, рудеральные заносные и так называемые пионерные растения, представленные 115 видами, т.е. 41,5% от общего числа видов. Следующие по численности — луговые растения (54 вид — 19,5%), что обусловлено, во-первых, разнообразием местообитаний и, во-вторых, наличием газонной смеси трав, среди которых абсолютное большинство также луговые. Менее многочисленна группа видов — виды, связанные с



лесными насаждениями, опушками и полянами (49 видов — 17,7%). Их распространение обусловлено сохранением на территории Станции деревьев, кустарников, а также фрагментов лесных ассоциаций — остатков лесного растительного покрова. В ограниченном числе на территории Станции обитают также гидрофиты и гигрофиты (29 видов — 10,5%), псаммофиты (3 вида — 1,1%) и петрофиты (1 вид — 0,4%).

Географический анализ флоры выявил абсолютное преобладание в ней видов с евразийским типом ареала (122 вида — 44,0% от общего числа видов). Количество видов с европейским ареалом — 53 (19,1% от общего числа видов), видов с голарктическим ареалом — 36 (13,0% от общего числа видов), почти космополитов 11 видов (4,0% от общего числа видов). Виды с евразийско-американским, циркумбореальным, североамериканским, сибирским и амфиатлантическим типами ареала представлены незначительно (соответственно — 8,8, 5,4 и 2 видами, что составляет 0,7% — 2,9% от общего числа видов). Преобладание видов с широким типом ареала свидетельствует об относительной молодости и о вторичном характере флоры сосудистых растений территории Станции, преимущественно представленной сорными и рудеральными видами.

Шесть видов в составе флоры — биологические индикаторы химического загрязнения среды (из них 3 вида — индикаторы оксидов серы, 2 вида — индикаторы оксидов азота, 1 вид — индикатор фторидов и 1 вид — индикатор ионов тяжелых металлов, три вида — индикаторы загрязнения воздушного бассейна, 4 вида — индикаторы загрязнения почвенного покрова).

Многие виды, входящие в состав флоры сосудистых растений территории Станции, характеризуются различным рода полезными свойствами. Из них:

лекарственные растения — 110 видов (39,7% от общего числа видов),

кормовые растения — 61 вид (22,0% от общего числа видов),

пищевые растения — 53 вида (19,1% от общего числа видов),

технические растения — 47 видов (17,0% от общего числа видов),

декоративные растения — 46 видов (16,6% от общего числа видов),

медоносные растения — 44 вида (15,8% от общего числа видов),

водоохранные, фитомелиоративные, берегоукрепляющие, почвообогатяющие, почвозащитные и полезозащитные растения — 13 видов (4,7%),

инсектицидные растения — 4 вида (1,4%).

Растения 9 видов ядовиты, 31 вид — возбудители поллиноза, 10 видов — возбудители фитодерматозов.

### РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Растительный покров территории производственной зоны Станции — сложное сочетание естественной растительности, рудеральной растительности и искусственных насаждений растений. Естественная растительность — объединение временно существующих группировок растений и растительных сообществ (фитоценозов), состав и строение которых определены воздей-

ствием природных процессов. Рудеральная растительность — объединение большей частью случайных группировок (сочетаний) растений, преимущественно характеризующихся широкой экологической амплитудой и заселяющих местообитания, периодически или постоянно подвергающиеся антропогенным воздействиям. Искусственные насаждения растений — объединение растений одного или нескольких видов, целенаправленно высаженных в определенном количестве на особом пространстве и в биологически обоснованные сроки. В современных ландшафтах, преимущественно нарушенных человеком, рудеральная растительность, а также и искусственные насаждения растений, предотвращают эрозию почв и способствуют процессам самовосстановления естественного растительного покрова. На различных территориях земной поверхности растительный покров большей частью представлен группировками (сочетаниями, совокупностями) растений двух категорий. Группировки категории первой — временные, характеризующие начальные этапы процесса формирования растительных сообществ (фитоценозов). Группировки категории второй, характеризующие последующие этапы формирования растительных сообществ, достаточно постоянны и нередко образуют заросли, в пределах которых уже осуществляются межвидовые взаимоотношения и начинается пространственное распределение растений, обусловленное их экологическими отличиями. Принадлежность растений к временным группировкам большей частью определяется своеобразием экотопов (биотопов). Межвидовая конкуренция во временных группировках незначительна, в связи с чем пространственно объединенными оказываются растения, экологически различные.

В условиях естественной среды обитания, не подвергающейся постоянному антропогенному воздействию, группировки растений обеих категорий преобразуются в истинные фитоценозы с значительно большей скоростью, чем в условиях территорий, освоенных или осваиваемых человеком.

### Группировки сосудистых растений

Территория производственной зоны Станции — побережье Финского залива, значительно нарушенное при строительстве. В связи с непрерывным функционированием Станции техногенные и, в широком смысле слова, антропогенные воздействия на побережье постоянны. Растительные группировки на упомянутой территории в своем большинстве, в связи с этим, все еще временны, так как они не успевают преобразоваться в сложившиеся фитоценозы. У значительной части группировок — искусственных насаждений (посадок) деревьев, кустарников и газонных трав (в основном злаков) сохраняется искусственное происхождение. Учет показателей распространения растений показал, что в пространстве территории производственной зоны Станции образовались двадцать четыре их группировки (рис. 5). Характеристики этих группировок изложены ниже.

Группировка первая — мать-и-мачеха обыкновенная — овсяница луговая (*Tussilago farfara* L. — *Festuca pratensis* Huds.). Место-

обитание группировки — газон, первоначально засеянный ежой сборной (*Dactylis glomerata* L.) и овсяницей луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и, далее, заселенный типичными рудеральными видами — мать-и-мечехой (*Tussilago farfara* L.), одуванчиком (*Taraxacum officinale* Wigg.) и видами, семена которых сохраняются в почвенном покрове, — чистецом болотным (*Stachys palustris* L.), валерианой лекарственной (*Valeriana officinalis* L.), ястребинкой (*Hieracium umbellatum* L.), которые свойственны естественным фитоценозам побережья Финского залива. При строительных работах естественные фитоценозы уничтожены, но семена растений, входящих в их состав, не погибли и при благоприятных условиях прорастают. В группировке также обильны щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), птармика (*Achillea ptarmica* L.), тимофеевка (*Phleum pratense* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), являющиеся для группировки вторичными. В целом группировка может быть обозначена как так называемая группово-зарослевая. При соответствующем уходе за состоянием газонов она способна достаточно быстро преобразоваться в искусственный фитоценоз, образованный газонными злаками.

Группировка вторая — пижма обыкновенная — одуванчик лекарственный — пырей ползучий (*Tanacetum vulgare* L. — *Taraxacum officinale* Wigg. — *Elytrigia repens* (L.) Nevski).

Местообитание группировки — газон, в пределах которого преобладают луговые виды — чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), яснотка дернистая (*Cerastium holosteoides* Fries), щавель луговая (*Rumex acetosa* L.), фиалка собачья (*Viola canina* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) и некоторые другие. Участие злаков в группировке меньше, чем в группировке первой. Доминанты — рудеральные виды. Группировка временная, группово-зарослевая. Постепенно она способна преобразоваться в типично луговую, а при соответствующем уходе за газоном со скашиванием она может дать начало искусственному злаковому фитоценозу.

Группировка третья — тысячелистник обыкновенный — одуванчик лекарственный — мать-и-мачеха обыкновенная (*Achillea millefolium* L. — *Taraxacum officinale* Wigg. — *Tussilago farfara* L.).

Местообитание группировки — более нарушенные участки газона (проектное покрытие ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) и овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) не более 5%). Открытая поверхность почвенного покрова заселена рудеральными видами и небольшим числом луговых видов, экологически различных, — влаголюбивыми ангеликой (*Angelica sylvestris* L.), борщевиком (*Hieracium sibiricum* L.), лапчаткой гусиной (*Potentilla anserina* L.), а также обитателями сухих мест — птармикой (*Achillea ptarmica* L.), ястребинкой (*Hieracium umbellatum* L.), васильком (*Centaurea jacea* L.) и рядом иных видов. Группировка случайная, типично временная, при изменении условий способна к быстрому изменению. При осушении она лишится влаголюбивых видов, при скашивании в ней увеличится биомасса злаков.



биогеохимических циклов; в четвертых, как следует из отмеченного, они обязательны, так как функционирование животных организмов — непременное условие исторического возникновения, становления и преобразования экологических систем любых категорий, непременное условие обмена массой, энергией и информацией в биосфере. Первостепенный по значению аспект области знаний о фауне (фаунистики) — фаунистический анализ, таким образом, — обязательный элемент диагностики состояния и прогнозирования изменений природной среды, обоснования, создания и использования систем экологической защиты, предусматривающих биотехнические и экотехнические мероприятия, направленные на обеспечение экологического комфорта.

Основное значение для природной среды территории производственной зоны Станции с учетом сущности осуществляющихся в ее пределах экологических процессов имеют фауна почвенных олигохет (дождевых червей), фауна почвенных клещей, фауна наземных и водных моллюсков и среди позвоночных — фауна рыб, амфибий, птиц и млекопитающих (в первую очередь грызунов).

### Почвенные олигохеты

Кольчатые черви (олигохеты) — важнейшая по экологическому значению систематическая группа беспозвоночных животных, участвующих в биогеохимических циклах биоорганических и бионеорганических соединений, в том числе и входящих в состав продуктов распада, осуществляющегося при процессах некробиоза и некроза, а также после смерти (отмирания) отдельных органов организмов и организмов в целом (танатогенеза). Среди кольчатых червей экологически в особенности важны почвенные, так называемые дождевые, в частности, представители семейства Lumbricidae, распространенные необычайно широко едва ли не во всех ландшафтных зонах.

На территории производственной зоны Станции с целью установления закономерностей развития и динамики численности дождевых червей во времени анализированы количественные пробы с отдельных стандартных площадок, имеющих значение люмбрикологических станций. Число количественных сезонных проб — 5, число проб со стандартных геоботанических площадок размером 50 кв. см — 24 (рис. 23). При сборе количественных проб использована методика раскопок и ручной разборки (Гиляров, Стриганова, 1987).

Определяемые основные характеристики — число дождевых червей на квадратном метре (п), биомасса дождевых червей на квадратном метре в граммах (р) и средняя биомасса одного дождевого червя (отношение биомассы всех червей, обитающих в почвенном покрове площадке, к их числу) в граммах.

Показатель распространения дождевых червей — их встречаемость (отношение числа площадок, в почвенном покрове которых обитают дождевые черви анализируемого вида, к общему числу площадок).

С целью диагностики экологически обусловленных заболеваний, возникающих у дождевых червей (люмбрикоиндикации состояния окружа-

ющей, в первую очередь почвенной, среды, по результатам тератологического анализа), учитывались размеры тела червей, положение на их теле пояса, положение и форма пубертантных валиков и правильность сегментации (отсутствие дополнительных полусегментов). Пороки развития и строения у дождевых червей, обитающих в почвенном покрове на территории производственной зоны Станции, не диагностированы.

Определение видового состава дождевых червей на территории производственной зоны Станции осуществлялось при маршрутных съемках. Из 15 видов представителей семейства Lumbricidae, характеризующих Северо-Запад России (Перель, 1979), на территории Станции выявлены *Aporrectodea caliginosa* (Gates, 1975), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Dendrodrilus rubidus* (Eisen, 1874), *Eisenia foetida* (Eisen, 1874), *Eiseniella tetraedra f. hercynia* (Savigny, 1826), *Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826), *Lumbricus rubellus* (Hoffm.).

Дождевые черви, в том числе и упомянутые виды, объединяются в три морфо-экологические группы, различающиеся по вертикальному распределению в толще почвенного покрова и отличиями по особенностям питания (Перель, 1979). Представители группы первой — поверхностнообитающие, группы второй — почвенноподстилочные, группы третьей — собственно почвенные.

Поверхностнообитающие — *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus*, *Eisenia foetida*, *Eiseniella tetraedra*, *Lumbricus castaneus*. Максимальная глубина их обитания в почвенном покрове 60 см.

Почвенноподстилочный — *Lumbricus rubellus*. Максимальная глубина его обитания — 130 см. Как поверхностнообитающие, так и почвенноподстилочный дождевые черви питаются на поверхности почвенного покрова растительным детритом. Собственно почвенный дождевой червь — *Aporrectodea caliginosa*, наиболее характерный для почв территории производственной зоны Станции и питающийся почвенным перегноем. Его преобладание объясняется, во-первых, тем, что он преимущественно избирает супесчаные и суглинистые почвы, обычные на территории Станции, и, во-вторых, тем, что он хорошо переносит высыхание почв (Роднянская, 1957; Чугунова, 1957). Почвенный покров на территории Станции тонок (в среднем 5–10 см), при высоких температурах воздуха он пересыхает и, следовательно, сохраняются лишь виды, способные переносить засуху.

Численность и характеристики биомассы дождевых червей на сравниваемых стандартных площадках оказались различны (табл. 16–18).

На площадках N 22 и N 24 дождевые черви не обитают. *Aporrectodea caliginosa* обитает на 21-ой площадке из 24-х. Ее встречаемость — 87,5%. *Lumbricus rubellus* обитает на 9-ти площадках, его встречаемость — 17%. Численно преобладающий дождевой червь в почвенном покрове Станции — *Aporrectodea caliginosa*.

Максимальная численность *Lumbricus rubellus* — 28 особей на кв. м (площадка N12), максимальная численность *Lumbricus castaneus* — 8 особей на кв. м (площадка N4).

Последовательность дождевых червей в соответствии с их максимальной средней биомассой следующая — *Aporrectodea caliginosa* (биомасса 1,15 г (площадка N1)), *Lumbricus rubellus* (биомасса 1,20 г (площадка N6)), *Lumbricus castaneus* (биомасса 0,28 г (площадка N17)).

В пределах территории Станции велико число ювенильных особей дождевых червей. Ювенильные особи *Aporrectodea caliginosa* обитают совместно с половозрелыми особями на 17 площадках (встречаемость 70%). На территории большинства площадок численность дождевых червей сопоставима. Отличны по численности дождевых червей лишь площадка N1 (*Aporrectodea caliginosa* — 8 особей на кв. м, *Aporrectodea caliginosa juv.* — 48 особей на кв. м), площадка N8 (*Aporrectodea caliginosa* — 36 особей на кв. м, *Aporrectodea caliginosa juv.* — 80 особей на кв. м) и площадка N17 (половозрелые особи *Aporrectodea caliginosa* отсутствует, *Aporrectodea caliginosa juv.* — 72 особи на кв. м). В пределах площадок N1, N8 и N17 значительно преобладание молодых особей. По-видимому, хорошая способность дождевых червей вида *Aporrectodea caliginosa* к перенесению неблагоприятных почвенных условий позволяет сохранять ему в летние сроки высокий темп размножения и поддерживать численность популяции.

Молодые особи *Lumbricus rubellus* обитают на 4 площадках (встречаемость 17%). Их количество максимально на площадке N12, лишь в пределах которой молодые и половозрелые особи обитают совместно. Вероятно, сухость почвенного покрова и тонкий слой перегноя — причины ограничения размножения и откладки коконов в более влажные места.

Ювенильные особи *Lumbricus castaneus* на анализированных площадках не выявлены. Их способность к обитанию в подсыхающей почве меньше. *Eisenia foetida* выявлена лишь один раз (площадка N4, 1994 г., октябрь).

Максимальная средняя биомасса молодых особей составляет у *Aporrectodea caliginosa juv.* — 0,47 г (площадка N6), у *Lumbricus rubellus juv.* — 35 г (площадка N16).

Годичная динамика численности дождевых червей характеризуется сезонной зависимостью.

В наибольшем количестве дождевые черви вида *Aporrectodea caliginosa* обитают на площадке N5, глубина почвенного покрова в пределах которой достигает 20 см. Численность червей в почвенном покрове этой площадки максимальная — 120 особей на кв. м (1995 г., октябрь). В осенние сроки (октябрь) молодые особи не обнаруживаются, в предшествующие летне-раннеосенние сроки (июнь-октябрь) численность молодых особей варьировала от 20 до 64 на кв. м. В конце лета (август) количество молодых особей почти в 25 раз больше количества половозрелых. В конце октября численность молодых и половозрелых особей примерно одинакова, при осеннем переувлажнении почвы, вызываемом дождями (октябрь), количество молодых червей уменьшается. Дождевые черви, принадлежащие виду *Aporrectodea caliginosa*, в особенности молодые, чувствительны к избытку влаги (Чугунова, 1957), и, по-видимому, мигрируют глубоко в песок.

вая (*Festuca pratensis* Huds.). Многочисленны виды луговой флоры, в небольшом количестве присутствует вереск обыкновенный [*Calluna vulgaris* (L.) Hull.] и рудеральные растения. В группировке обилие *Polytrichum juniperinum* Hedw. Группировка временная.

Группировка пятнадцатая — одуванчик лекарственный — овсяница луговая — польнь обыкновенная (*Taraxacum officinale* Wigg. — *Festuca pratensis* Huds. — *Artemisia vulgaris* L.).

Местообитание группировки — свалки, обочина железной дороги и т.п. На территории Станции группировка широко распространена. Группировка временная, случайная, образованная рудеральными растениями с небольшой примесью луговых. Она способна возникать и исчезать в зависимости от внешних условий. Цено-экологические связи в ней не возникают.

Группировка шестнадцатая — хвощ полевой — ежа сборная — одуванчик лекарственный (*Equisetum arvense* L. — *Dactylis glomerata* L. — *Taraxacum officinale* Wigg.).

Местообитание группировки — газон, ее основа — посадка ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.), заселенная луговыми и рудеральными растениями, веиником наземным [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth]. Группировка на территории Станции обычна, хорошо сохраняется при регулярном скашивании травостоя.

Группировка семнадцатая — веиник наземный — овсяница обыкновенная — полевица тонкая [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. *Festuca pratensis* Huds. — *Agrostis capillaris* L.].

Местообитание группировки — газон. В составе группировки значительно участие злаков, в том числе тростника. Луговые и рудеральные виды не многочисленны. Начало возникновения группировки — посадки ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) и, возможно, овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) с последующим внедрением веиника наземного [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth], приобретающего значение доминанта. Возможно преобразование группировки в чисто веиниковое сообщество, а при скашивании — в смешанное злаковое (с ежой сборной (*Dactylis glomerata* L.), овсяницей луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и т.д.).

Группировка восемнадцатая — веиник наземный — волоснец песчаный [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth — *Leymus arenarius* (L.) Hochst.].

Группировка — незначительный фрагмент естественной растительности, характеризующей побережье Финского залива. Местообитание группировки — песчаный субстрат с посадкой шиповника морщинистого (*Rosa rugosa* Thunb.) и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). В составе группировки многочисленны рудеральные виды, в том числе мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.), пижма (*Tanacetum vulgare* L.), одуванчик (*Taraxacum officinale* Wigg.), польнь (*Artemisia vulgaris* L.), пионерный вид иван-чай узколистный [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.]. Семена волоснеца песчаного (*Leymus arenarius* (L.) Hochst.), занесенные, по-видимому, с почвой, при благоприятных условиях прорастают и дают начало группировке, которая довольно обычна на песках побережья Финского залива.

Группировка девятнадцатая — ежа сборная — иван-чай узколистный [*Dactylis glomerata* L. —

*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.]. Местообитание группировки — газон с более или менее регулярно скашиваемым травостоем и преобладанием злаков. Разнообразие луговых и рудеральных видов в группировке незначительно. Иван-чай узколистный [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.] в составе группировки временный, заселивший пространство, свободное от иных растений.

В состав группировки входят в незначительном количестве сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), распространяющиеся на основе естественного семенного размножения.

Группировка двадцатая — дуб черешчатый — сосна обыкновенная — веиник наземный — щучка дернистая — [*Quercus robur* L. — *Pinus sylvestris* L. — *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth — *Deschampsia cespitosa* (L.) Roth].

Местообитание группировки — посадка деревьев, в состав которой наряду с основными видами входят ель обыкновенная [*Picea abies* (L.) Karst.], подостр березы повислой (*Betula pendula* Roth), ивы (*Salix* spp.). В состав травяного яруса кроме основных видов входят иван-чай обыкновенный [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub.] и некоторые рудеральные и луговые растения, распространение которых незначительно. Группировка временная. При скашивании газонов возможно увеличение численности злаков, при отсутствии скашивания возможно зарастание щучкой дернистой [*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.] и рудеральными растениями.

Группировка двадцать первая — веиник наземный — клевер ползучий [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth — *Trifolium repens* L.].

Группировка — вариант веиниковой. Ее местообитание — газон, находящийся в более увлажненном пониженном месте. В связи с увлажненностью в составе группировки многочисленны влаголюбивые растения — осоки (*Carex* spp.), ситники (*Juncus* spp.). Преобладающие виды — луговые (нивяник [*Leucanthemum vulgare* Lam.], кульбаба [*Leontodon autumnalis* L.], мышиный горошек [*Vicia cracca* L.], тысячелистник [*Achillea millefolium* L.], лопухи [*Potentilla* spp.] и ряд других). Количество рудеральных видов велико. Свободные пространства в группировке занимает клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) — характерный представитель антропогенных сообществ.

Группировка двадцать вторая — овсяница луговая — веиник наземный [*Festuca pratensis* Huds. — *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth].

Группировка — вариант веиниковой, но с большим участием овсяницы луговой. Местообитание группировки — увлажненные участки, в связи с чем в ней обильны тростник [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.], осоки (*Carex* spp.), ситники (*Juncus* spp.). Участие рудеральных видов несколько больше, чем в группировке двадцать первой. Преобладающими видами являются луговые — полевица (*Agrostis capillaris* L.), белоус (*Nardus stricta* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), ястребинка (*Hieracium umbellatum* L.).

Группировка двадцать третья — веиник наземный — тростник обыкновенный

[*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth — *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.].

Группировка близка по строению к естественным сообществам Финского залива, ее отличает большее участие видов луговой флоры, появившихся в результате антропогенного воздействия на территорию.

Группировка двадцать четвертая — осина — береза повислая — ива — чина луговая — веиник наземный [*Populus tremula* L. *Betula pendula* Roth — *Lathyrus pratensis* L. — *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth].

Местообитание группировки — свалки и различного рода открытые склады. Видовой состав группировки случаен, зависит от количества и всхожести семян, попадающих в почвенный покров, и представлен растениями, различающимися экологически.

Изложенное свидетельствует, что растительный покров территории производственной зоны Станции гетерогенен, представлен многими группировками растений и мозаичен. Почти во всех группировках один из доминантов веиник наземный [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth]. Некоторые из группировок, в частности, возникающие на основе зарослей тростника [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.] и отчасти веиника [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth] по своему строению наиболее близки к сложившимся растительным сообществам (фитоценозам). На территории Станции начался процесс формирования последних. Его темпы и следствия зависят, во-первых, от формирования и дифференциации надежного и устойчивого почвенного покрова; во-вторых, от интенсивности антропогенных повреждающих воздействий; в третьих, от содержания, последовательности и организованности фитомелиоративных мероприятий. Обеспечение формирования истинных фитоценозов, вместе с тем, крайне существенно. Возникновение и нормальное функционирование фитоценозов — первоэлемент по значению условия экологической оптимизации, минимизации экологической опасности, создания систем экологической защиты.

#### Популяции сосудистых растений

Флористический состав территории производственной зоны Станции, характеризующийся преобладанием сорных и рудеральных сосудистых растений, а также постоянством в пределах упомянутой территории набора так называемых газонных трав (см. табл. 9), предопределил и выбор видов — объектов популяционного анализа, которыми явились клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), яснотка дернистая (*Cerastium holosteoides* Fries. — *Cerastium caespitosum* Gilib.), скерда кровельная (*Crepis tectorum* L.) и трехрберник непахучий [*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.]. Упомянутые виды, популяционный анализ которых имеет значение своего рода модели. — представители естественной флоры сосудистых растений Северо-Запада России. Их микропопуляции, приуроченные к территории производственной зоны Станции, — часть популяции, характеризующих Северо-Запад России и, в частности, распространенных в пределах участка ареала, приуроченного к региону Ленинградской области. Виды, из-

- б) ашизокарпия;
- в) пропификация плодов;
- г) деформация и изменение числа и размера спинных ребер;

д) образование дополнительных тяжей механической ткани в ребрах и крыльях;

е) образование пленки в спинных ребрах;

ж) изменение числа и дистопия секреторных канальцев;

з) инвертированное положение семян [демонстративно, что карпотераморфы (карподисплазии) мерикарпиев выявлены и у мерикарпиев гербарных экземпляров дудника лесного, инсерированных в Гербарий Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН в 1910 г. и в последующие годы, когда нарушения во взаимоотношениях природы и общества были значительно меньшими];

2. У шиповника морщинистого диагностированы (рис. 12):

а) пространственное сближение плодоножек на основе дистопии;

б) увеличение числа плодоножек;

в) дистопия плодоножек;

г) пространственное сближение оснований плодоножек;

д) укорочение и изгиб сближенных плодоножек;

е) увеличение числа сближенных и укороченных плодоножек, придающее их скоплению признаки своего рода сплюснутости (напоминающего «ведьмину метлу»);

ж) стерильность семян (количество стерильных семян в среднем в условиях Станции — 4,0%, в условиях Санкт-Петербурга 12,0%);

3. У ясеня обыкновенного диагностированы (рис. 13, 14):

а) уменьшение количества плодов в соцветии (среднее количество плодов в соцветии в условиях Станции — 18, в условиях Санкт-Петербурга — 34, в условиях г. Пушкина — 36);

б) приобретение крылатками лопатовидной конфигурации;

в) диморфизм верхнего конца крылаток — округленного или же раздвоенного (в условиях Станции, как и в условиях Санкт-Петербурга, крылатки с округленным и раздвоенным концом количественно сопоставимы);

г) уменьшение ширины крылаток (по сравнению с плодами, образующимися в условиях Санкт-Петербурга);

д) замедление процесса развития плодов;

е) изгибание плодов;

ж) уменьшение длины семян (по сравнению с семенами, образующимися в условиях Санкт-Петербурга);

4. У сирени венгерской диагностированы незначительное сужение и удлинение семян.

5. У вяза гладкого диагностировано незначительное удлинение семян.

Тератоморфы (тератоплазии), диагностированные у плодов и семян на территории производственной зоны Станции, этиологически неспецифичны. Нозографически сходные тератоморфы плодов и семян диагностированы на территории Санкт-Петербурга в местах нахождения промышленных предприятий и интенсивного транспортного движения. Количественное соотношение нормальных плодов и семян и тератоморф плодов и семян в раз-

ные годы различно и зависит от меры повреждающих воздействий.

### Эмбриоиндикация

Эмбриоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик эмбрионов, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа эмбриоиндикации — эмбриоморфологический анализ (см.: Яковлев, 1981; Jogh, 1990, и мн. др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции, и использованные для целей эмбриоиндикации, — шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jack. f. ex Reichenb.).

Результаты эмбриоморфологического анализа, осуществленного с целью эмбриоиндикации, следующие:

1. У шиповника морщинистого, произрастающего в условиях Станции, по сравнению с произрастающим в условиях Санкт-Петербурга, диагностировано увеличение размеров эмбрионов (в условиях Станции длина средняя эмбрионов достигает 470,0 мм, ширина средняя эмбрионов достигает 160,0 мм; в условиях Санкт-Петербурга длина средняя эмбрионов — 160,0 мм, ширина средняя эмбрионов достигает 66,0);

2. У ясеня обыкновенного диагностированы:

а) увеличение размеров эмбрионов (у эмбрионов, развивающихся в условиях Станции, длина средняя семядолей достигает 9,5 мм, длина средняя радикулы достигает 5,5 мм; у эмбрионов, развивающихся в условиях Санкт-Петербурга, длина средняя семядолей достигает 6,0 мм, длина средняя радикулы достигает 3,0 мм);

б) гетеромерия семядолей по длине и ширине;

в) загибание концов семядолей;

г) спирализация семядолей;

У сирени венгерской размеры эмбрионов, образующихся в условиях Станции и в условиях Санкт-Петербурга, одинаковы (в условиях Станции и Санкт-Петербурга длина средняя семядолей достигает 5,0 мм, длина средняя радикулы 3,0 мм).

Тератоморфы (тератоплазии), диагностированные у эмбрионов растений на территории производственной зоны Станции, этиологически неспецифичны. Нозографически сходные тератоморфы эмбрионов растений обычны в городской и промышленной средах.

### Геммоиндикация

Геммоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик вегетативных, а также смешанных почек, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих аген-

тов. Основа геммоиндикации — геммоморфологический анализ (см.: Troll, 1954; Федоров и соавт., 1962, и мн. др.).

Вид растений, произрастающий на территории производственной зоны Станции и использованный для целей геммоиндикации, — сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) 6 — 20-летнего возраста.

Результаты геммоморфологического анализа, осуществленного с целью геммоиндикации, следующие.

У сосны обыкновенной диагностированы (рис. 15):

1) смещение (дистопия) боковых почек терминальной мутовки в горизонтальной плоскости по отношению к оси;

2) изменение угла боковых почек терминальной мутовки в горизонтальной плоскости по отношению к оси;

3) изгибание (инкурвация) боковых почек терминальной мутовки в горизонтальной плоскости;

4) отклонение срединной почки терминальной мутовки от главной оси;

5) увеличение числа (полимеризация) боковых почек терминальной мутовки (наиболее часто происходящее под линиями передачи электрической энергии);

6) закладка и развитие пазушных почек на брахибластах;

7) формирование нескольких почек на месте срединной;

8) деструктуризация серии почек верхушки ствола (главной оси);

9) увеличение числа (полимеризация) хвостиков в мутовках, образующихся на брахибластах, до четырех.

Диагностируемые нарушения этиологически неспецифичны и возникают под влиянием комплекса повреждающих агентов в условиях промышленной и городской сред.

### Каулоиндикация

Каулоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни, с учетом как индикационных показателей характеристик стеблей растений и их кроны в целом, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа каулоиндикации — кауломорфологический анализ (см.: Серебряков, 1952; Мазуренко, Хохряков, 1977, и мн. др.), предусматривающий установление характеристик развития, строения и жизнедеятельности стеблей, в том числе и характеристик процессов их ветвления (раификации).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей каулоиндикации, — сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), иван-чай узколистный [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.], полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.).

Результаты кауломорфологического анализа, осуществленного с целью каулоиндикации, следующие.

1. У сосны обыкновенной диагностированы нарушение симметрии ветвления в кроне и ее ярусности;

2. У иван-чая узколистного диагностированы (табл. 13; рис. 16):

а) гигантизм стеблей (достигающих 250 см длины и более) с пропорциональным и с непропорциональным увеличением длины узлов и междоузлий;

б) увеличение ветвления с укорочением междоузлий с образованием до 10 боковых ветвей;

в) полимеризация стеблей (до 28-ми и более);

г) ингибирование развития и роста стеблей с ограничением или же с прекращением их ветвления (с числом ответвлений от 1-го до 10-ти при их длине до 20-30 см);

3. У полыни горькой диагностированы (табл. 14):

а) гигантизм стеблей прикорневых вегетативных побегов, достигающих 2 м длины;

б) увеличение числа прикорневых стеблей

в) ингибирование развития и роста стеблей прикорневых побегов;

г) увеличение ветвления первого порядка стеблей прикорневых побегов с увеличением угла ветвления до 70 градусов;

д) ингибирование апикального роста стеблей побегов второго и третьего порядков;

4. У мелкопестника едкого диагностированы:

а) гигантизм стеблей побегов первого порядка;

б) увеличение ветвления стеблей.

Диагностированные нарушения этиологически неспецифичны и возникают под влиянием повреждающих воздействий в условиях промышленной и городской сред.

#### Ксилоиндикация

Ксилоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик древесины, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которой могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа ксилоиндикации — ксилотомический анализ (см.: Яценко-Хмельский, 1954, и др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей ксилоиндикации, — сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.) и ивы (*Salix* spp.).

Результаты ксилотомического анализа, осуществленного с целью ксилоиндикации, следующие.

1. Древесина сосны обыкновенной (рис. 17, а-в) состоит из трахеид, лучевых трахеид, клеток лучевой и тяжелой паренхимы и клеток эпителия смоляных ходов, годичные кольца 1,3-2,7 мкм шириной, граница между годичными кольцами ровная и отчетливо выраженная (с постепенным переходом от ранней древесины к поздней), объем поздней древесины — 20,0-

25,0 % объема древесины в целом, трахеиды ранней древесины на поперечном срезе округло-четыреугольные и шестиугольные, ширина просветов 20,09-41,15 мкм, толщина стенок трахеид ранней древесины — 2,12-3,46 мкм, трахеиды поздней древесины округло-прямоугольные и сплюснутые в радиальном направлении с постепенно уменьшающейся полостью, толщина тангентальных стенок трахеид поздней древесины — 4,18-6,43 мкм, окончания трахеид поздней древесины неразветвленные, округлые окаймленные поры на радиальных стенках трахеид (12-38 мкм) расположены равномерно по одной вдоль всей длины трахеиды, линейные (однорядные) лучи простые и сложные обрамленные и смешанные, формируются и простые трахеальные лучи высотой в 1-3 клетки, в однорядных лучах по высоте 2-17 клеток, их средняя длина — 25,81-311,7 мкм, клетки лучей на тангентальном разрезе округлые (овальные) или вытянутые, веретеновидные лучи с 2-3-рядной средней частью с смоляным ходом, их линейная высота — 302,87 — 456,20 мкм, стенки лучевых трахеид зубчатые горизонтальные и тангентальные, стенки паренхимных клеток луча тонкие гладкие, поры на полях перекреста оконцевые по одной (редко по две) на поле, тип поровости крупнопорово-сплошной, смолоносная система представлена вертикальными и горизонтальными ходами, вертикальные смоляные ходы расположены по одному и иногда по два в основном в поздней древесине или в переходной зоне, диаметр вертикального смоляного хода — 75,15-124,73 мкм, количество выступающих канал тонкостенных эпителиальных клеток — 4-6, число клеток тяжелой паренхимы (сопровождающих смоляной ход) — 5-12, замкнутую обкладку клетки тяжелой древесины не образуют, смоляной ход часто примыкает к лучу, диаметр горизонтального смоляного хода — 41,56-52,75 мкм.

2. Древесина лиственницы сибирской (рис. 18 а-в) состоит из трахеид, лучевых трахеид, клеток лучевой и тяжелой паренхимы и клеток эпителия смоляных ходов, годичные кольца отчетливые, переход ранней древесины в позднюю отчетливый, трахеиды ранней древесины в поперечном сечении 4-5-угольные, толщина оболочек трахеид ранней древесины — 1,2 — 2,9 мкм, поздние трахеиды округлоугольные и многоугольные (сильно сплюснутые) с щелевидной полостью, толщина оболочек поздних трахеид — 4,5 — 7,1 мкм, окаймленные поры радиальных стенок ранних трахеид расположены по 1 (изредка по 2) равномерно вдоль всей длины трахеиды, на тангентальных стенках трахеид поздней древесины формируются мелкие окаймленные поры, лучи сложные обрамленные однорядные с 1-17 клетками по высоте, веретеновидные лучи выше однорядных и состоят из более крупных клеток, в центральной части веретеновидных лучей содержится горизонтальный смоляной ход, кроме горизонтальных смоляных ходов формируются нормальные вертикальные смоляные ходы (расположенные во всех частях слоя прироста, но чаще в переходной зоне и в поздней древесине), полость смоляных ходов выстлана 6-10 толстостенными эпителиальными клетками, сопровождающая паренхима образует замкнутую обкладку не всегда, на полях перекре-

ста луча и трахеиды пицеосидные и таксоидные поры по 2-4 на поле, тяжелая паренхима скудная терминальная.

3. Древесина липы сердцевидной (рис. 19, а-в) рассеянососудистая, состоит из сосудов, сосудистых трахеид, волокнистых трахеид, волокон либриформа, тяжелой и легкой паренхимы, годичные кольца отчетливые с ровной границей (представленной 2-3 рядами сильно уплощенных волокнистых элементов), сосуды расположены равномерно по всему кольцу прироста одиночно или в компактных группах по 2-4, чертаня просветов сосудов поперечном срезе угловатые и округлые (25-90 мкм), членики сосудов тонкостенные 2,3-4,7 мкм с небольшими клювиками, перфорации простые широкие округлые, межсосудистая поровость обильная спиральная, все сосуды с хорошо выраженными спиральными утолщениями, волокнистые трахеиды и волокна либриформа тонкостенные с крупной полостью, у волокнистых трахеид редкие округлые окаймленные поры, у волокон либриформа узкие простые поры, тяжелая паренхима апотрахеальная цепочечная, каждый тяж состоит из 2-5 крупных клеток, лучи гомогенные (однорядные и 2-4-рядные), на радиальном разрезе клетки лучей лежачие, сосудисто-лучевая поровость обильная, поры мелкие полуокаймленные, расположенные сближенно.

4. Древесина березы повислой и березы пушистой (рис. 20 а-в) рассеянососудистая, содержит сосуды, сосудистые и волокнистые трахеиды, тяжелую и лучевую паренхиму, годичные кольца отчетливые, пограничная полоса представлена 2-3 рядами сплюснутых в радиальном направлении волокон и клеток тяжелой паренхимы, просветы сосудов в поперечном сечении округлые (овальные), расположены по 2-5 в цепочки, диаметр просветов — 25,17-63,89 мкм, членики сосудов с короткими клювиками тонкостенные (1,06-2,74 мкм), перфорационные пластинки лестничные с 10-18 перекладинами, межсосудистая поровость точечная очередная, окаймленные поры многочисленные (2,93-4,12 мкм) сомкнутые округлые, поры могут покрывать почти всю стенку сосуда, сосудистые трахеиды тонкостенные, встречаются очень редко, на стенках длинных волокнистых трахеид диффузно в небольшом количестве расположены окаймленные поры по 1-2 в ряду, осевая паренхима скудная апотрахеальная терминальная и диффузная, каждый тяж состоит из 2-5 клеток с большим количеством мелких пор на стенках, лучи гомогенные, по их ширине 1-2 (редко 3) узкие клетки, по высоте 23 клетки (19,98-345,27 мкм), клетки лучей в радиальном сечении лежачие, по краю лучей изредка встречаются квадратные клетки, сосудисто-лучевая поровость обильная, поры мелкие округлые.

5. Древесина осины (рис. 21 а-в) рассеянососудистая, сосуды многочисленные с диаметром 40-95 мкм, тонкостенные округлые или угловатые, большинство сосудов сомкнуты в радиальные группы по 2-5, одиночные сосуды встречаются в основном в поздней древесине, граница годичного слоя обозначена узкой полосой из 1-2 рядов клеток (сильно сжатых в радиальном направлении и имеющих очень узкую щелевидную полость), основная масса древесины — мелкие тонкостенные волокна либриформа и сосудистые трахеиды, древесинная паренхима —



Размножение дождевых червей начинается в мае, пик их численности имеет место осенью (Горизонтова и соавт., 1957). В октябре численность дождевых червей в почвенном покрове всех площадок становится максимальной.

Почти полностью отсутствуют дождевые черви в почвенном покрове площадки N1, так как его толщина не превышает 2 см. В почвенном покрове площадок N2, N3 и N4 численность дождевых червей примерно одинакова и заметно увеличивается к октябрю. В августе-октябре в почвенном покрове этих площадок увеличивается и количество молодых особей.

Анализ биомассы тела дождевых червей свидетельствует, что чем меньше число их особей на единицу территории почвенного покрова, тем дождевые черви крупнее, что, по-видимому, является следствием отсутствия пищевой конкуренции. В июне, когда численность подросших особей невелика, в почвенном покрове площадок N2 и N4 половозрелые особи *Aporrectodea caliginosa* достигают наибольшей биомассы. В почвенном покрове площадки N3 черви с максимальной средней биомассой сохраняются и в октябре, причем количество молодых особей в пределах этой площадки значительно превышает количество половозрелых.

Люмбрикоэкологические и люмбрикобиологические сведения о территории производственной зоны Станции свидетельствуют в целом, что

- 1) видовой состав люмбрикофауны обеднен, так как почвенный покров находится в начале развития;
- 2) наиболее многочисленны в почвенном покрове *Aporrectodea caliginosa* и *Lumbricus rubellus* — активные трансформаторы органического вещества;
- 3) сезонная динамика численности дождевых червей соответствует им свойственной;
- 4) популяция *Aporrectodea caliginosa* восполняется за счет подрастающих молодых особей, обитающих совместно с половозрелыми особями, и достигает пика численности к октябрю.

#### Наземные и водные моллюски

Моллюски — наземные и водные беспозвоночные животные, принадлежащие к организмам, участвующим в биогеохимических циклах многих биоорганических и бионеорганических соединений, в том числе и имеющих значение химических загрязнителей. Видовой состав, численность, характеристики строения и функциональных отправлений, онтогенеза и жизненного цикла моллюсков имеют значение биологических индикаторов состояния окружающей среды.

Анализ фауны наземных моллюсков, входящих в биотическую составляющую природной среды территории производственной зоны Станции, осуществлен при сравнении ее 65 микробиотопов, а также территории открытых распределительных установок — ОРУ-330 и ОРУ-750 (рис. 24). Размер площадок в пределах каждого биотопа, в пространстве которых анализированы наземные моллюски, — около 30 кв. м. На заселенность наземными моллюсками исследованы почвенный покров, растительный покров, лиственный опад, строительный мусор. На

заселенность водными моллюсками исследованы водозаборный и водосбросный каналы, а также система промышленно-ливневой канализации.

Как показал фаунистический анализ (табл. 19-21), территория производственной зоны Станции заселена наземными моллюсками 16 видов — представителей 10 семейств, а также амфибийным видом *Lymnaea truncatula* (O.F. Muller, 1774). Еще 6 видов обнаружены на территории, непосредственно прилегающей к производственной зоне Станции. На территории распределительных установок обитают моллюски 7 видов. Обеднение малакофауны территории распределительных установок — следствие их сравнительно небольшой площади и меньшего разнообразия микробиотопов в ее пределах. Ряд видов многочислен (табл. 22).

Массовый вид наземных моллюсков на территории Станции *Deroceras agreste*. Многочислен и широко распространен *Zonitoides nitidus*. Меньшими численностью и распространением характеризуется *Cochlicopa lubrica*. Типична для территории Станции *Trichia hispida*. Численность и распространение на территории Станции *Deroceras reticulatum*, *Euconulus fulvus* и *Helicolimax pellucidus* в различные годы неодинакова. В настоящее время они уменьшаются.

Увеличиваются численность и распространение *Bradibaena fruticum*, *Lymnaea truncatula* и *Succinea putris*. Каналы Станции заселены водными моллюсками 10 видов (табл. 23). Наибольшими численностью и распространением характеризуются *Lymnaea ovata*, *Potamopyrgus jenkinsi* и *Valvata ambigua*.

*Deroceras agreste*, *Deroceras reticulatum*, *Cochlicopa lubrica* (var. Mentke), *Euconulus fulvus*, *Helicolimax pellucidus*, *Trichia hispida* — облигатно луговые виды. Типично лесные виды — *Arion subfuscus*, *Goniodiscus ruderatus*, *Malacolimax tenellus* встречаются на территории производственной зоны Станции достаточно редко. В целом территория Станции преимущественно заселена мезофилами. Влаголюбивые *Lymnaea truncatula*, *Succinea putris* и *Zonitoides nitidus* заселяют лишь отдельные микробиотопы. Таким образом, видовой состав малакоценоза территории Станции обусловлен преобладанием в ее пределах умеренно влажных микробиотопов лугового типа. Типично лесные или гидрофильные виды — своего рода реликты.

Следует отметить, что изменения численности и распространения моллюсков многих видов, в частности, *Deroceras reticulatum*, *Euconulus fulvus* и *Helicolimax pellucidus*, как и *Cochlicopa lubrica* и *Trichia hispida*, обусловлены, по-видимому, естественными закономерностями (Dexter, 1944).

В осенние сроки (1995 г., октябрь) каналы промышленно-ливневой канализации Блока N1 оказались заселенными молодыми особями *Dreissena polymorpha*. Результат массового размножения моллюска этого вида на Цимлянской гидроэлектростанции — нарушение технического водоснабжения и охлаждения генераторов. Сходное массовое размножение имело место и на Молдавской теплоэлектростанции. Моллюски скапливались в изгибах труб, перед фильтрами и ограничивали водоснабжение (Скоробогатов, 1994).

Биодемографический анализ популяции *Lymnaea truncatula* показал, что особям этого вида свойственно бимодальное распределение по высоте раковины. Первый максимум кривой распределения (высота раковины 5-6 мм) соответствует сеголеткам. Второй максимум (высота раковины около 8 мм) соответствует особям с возрастом одного года и старше. Составляемая кривая распределения присуща и популяции *Bradibaena fruticum* (рис. 25). В популяции *Succinea putris* имеет место унимодальное распределение особей по высоте раковины, отличающееся четко выраженной правой асимметрией. Левая часть кривой распределения соответствует взрослым особям, почти достигшим дефинитивного размера (рис. 25). Популяции *Cochlicopa lubrica* и *Zonitoides nitidus* характеризуются унимодальной кривой распределения особей по возрасту и, соответственно, по размеру (рис. 25). Отсутствие пика кривой распределения, соответствующего сеголеткам, может быть объяснимо достаточно высоким темпом роста молодых особей.

Закономерным сезонным изменением состава характеризуются *Deroceras agreste* и *Deroceras reticulatum*. В первой половине лета преобладают молодые особи. К концу августа — сентября наиболее распространены взрослые особи, достигшие дефинитивного размера. В осенний период имеет место откладка яиц.

Воздействие природной среды территории производственной зоны Станции на развитие моллюсков оценивалось по отклонению параметров спирали раковины от идеальной спирали (Graham et al. 1993). Объект анализа — наземный моллюск *Trichia hispida*, широко распространенный на территории Станции, а также (в качестве модели для сравнения) особи этого вида, принадлежащие, во-первых, популяции г. Сосновый бор (обитающие у здания Городской администрации); во-вторых, популяции г. Санкт-Петербурга (обитающие в парке Лесотехнической академии); в третьих, популяции Дудергофских высот (обитающие в широколиственном лесу); в четвертых, популяции деревни Штурмангофф Волосовского района Ленинградской области (обитающие на территории приусадебных участков). Анализируемые параметры — диаметр эмбриональной раковины ( $D_{эмб.}$ ), максимальный диаметр раковины ( $D_{макс.}$ ), диаметр раковины ( $D$ ) при закручивании ее спирали на угол  $i$  относительно диаметра эмбриональной раковины ( $D_{эмб.}$ ). Для аппроксимации формы раковины использованы уравнения архимедовой и логарифмической спирали. При проверке соответствия спирали раковины одному из упомянутых уравнений использованы зависимость, характеризующая архимедову спираль:

$$(\Delta D = D - D_{эмб.} - 2 \times K \times \Delta \varphi),$$

и зависимость, характеризующая логарифмическую спираль:

$$[\ln(D/D_{эмб.}) - K \times \Delta \varphi].$$

Спиральная форма раковины *Trichia hispida* описывается уравнением логарифмической спирали (рис. 26). Объективный показатель нормального развития раковины и, следовательно, его нарушения (своего рода показатель нестабильности развития) — отношение остаточной суммы квадратов отклонений к регрессионной сумме квадратов отклонений ( $SSe/SSsum$ ) при аппроксимации зависимости, характеризующей логарифмическую



1. У сосны обыкновенной диагностированы нарушения симметрии ветвления в кроне и ее ярусности;

2. У иван-чая узколистного диагностированы (табл. 13; рис. 16):

а) гигантизм стеблей (достигающих 250 см длины и более) с пропорциональным и с непропорциональным увеличением длины узлов и междоузлий;

б) увеличение ветвления с укорочением междоузлий с образованием до 10 боковых ветвей;

в) полимеризация стеблей (до 28-ми и более);

г) ингибирование развития и роста стеблей с ограничением или же с прекращением их ветвления (с числом ответвлений от 1-го до 10-ти при их длине до 20-30 см);

3. У полыни горькой диагностированы (табл. 14):

а) гигантизм стеблей прикорневых вегетативных побегов, достигающих 2 м длины;

б) увеличение числа прикорневых стеблей

в) ингибирование развития и роста стеблей прикорневых побегов;

г) увеличение ветвления первого порядка стеблей прикорневых побегов с увеличением угла ветвления до 70 градусов;

д) ингибирование апикального роста стеблей побегов второго и третьего порядков;

4. У мелколепестника едкого диагностированы:

а) гигантизм стеблей побегов первого порядка;

б) увеличение ветвления стеблей.

Диагностированные нарушения этиологически неспецифичны и возникают под влиянием повреждающих воздействий в условиях промышленной и городской сред.

#### Ксилоиндикация

Ксилоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик древесины, нарушения развития, строения и жизнедеятельности которой могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа ксилоиндикации — ксилотомический анализ (см.: Яценко-Хмельевский, 1954, и др.).

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей ксилоиндикации, — сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.) и ивы (*Salix* spp.).

Результаты ксилотомического анализа, осуществленного с целью ксилоиндикации, следующие.

1. Древесина сосны обыкновенной (рис. 17, а-в) состоит из трахеид, лучевых трахеид, клеток лучевой и тяжелой паренхимы и клеток эпителия смоляных ходов, годовичные кольца 1,3-2,7 мкм шириной, граница между годовичными кольцами ровная и отчетливо выраженная (с постепенным переходом от ранней древесины к поздней), объем поздней древесины — 20,0-

25,0 % объема древесины в целом, трахеиды ранней древесины на поперечном срезе округло-четыреугольные и шестиугольные, ширина просветов 20,09-41,15 мкм, толщина стенок трахеид ранней древесины — 2,12-3,46 мкм, трахеиды поздней древесины округло-прямоугольные и сплюснутые в радиальном направлении с постепенным уменьшающейся полостью, толщина тангентальных стенок трахеид поздней древесины — 4,18-6,43 мкм, окончания трахеид поздней древесины неразветвленные, округлые окаймленные поры на радиальных стенках трахеид (12-38 мкм) расположены равномерно по одной вдоль всей длины трахеиды, линейные (однорядные) лучи простые и сложные обрамленные и смешанные, формируются и простые трахеальные лучи высотой в 1-3 клетки, в однорядных лучах по высоте 2-17 клеток, их средняя длина — 25,81-311,7 мкм, клетки лучей на тангентальном разрезе округлые (овальные) или вытянутые, веретеновидные лучи с 2-3-рядной средней частью с смоляным ходом, их линейная высота — 302,87 — 456,20 мкм, стенки лучевых трахеид зубчатые горизонтальные и тангентальные, стенки паренхимных клеток луча тонкие гладкие, поры на полях перекреста оконцевые по одной (редко по две) на поле, тип поровости крупнопорово-сплошной, смоляная система представлена вертикальными и горизонтальными ходами, вертикальные смоляные ходы расположены по одному и иногда по два в основном в поздней древесине или в переходной зоне, диаметр вертикального смоляного хода — 75,15-124,73 мкм, количество выступающих канал тонкостенных эпителиальных клеток — 4-6, число клеток тяжелой паренхимы (сопровождающих смоляной ход) — 5-12, замкнутую обкладку клетки тяжелой древесины не образуют, смоляной ход часто примыкает к лучу, диаметр горизонтального смоляного хода — 41,56-52,75 мкм.

2. Древесина лиственницы сибирской (рис. 18 а-в) состоит из трахеид, лучевых трахеид, клеток лучевой и тяжелой паренхимы и клеток эпителия смоляных ходов, годовичные кольца отчетливые, переход ранней древесины в позднюю отчетливый, трахеиды ранней древесины в поперечном сечении 4-5-угольные, толщина оболочек трахеид ранней древесины — 1,2 — 2,9 мкм, поздние трахеиды округлоугольные и многоугольные (сильно сплюснутые) с щелевидной полостью, толщина оболочек поздних трахеид — 4,5 — 7,1 мкм, окаймленные поры радиальных стенок ранних трахеид расположены по 1 (изредка по 2) равномерно вдоль всей длины трахеиды, на тангентальных стенках трахеид поздней древесины формируются мелкие окаймленные поры, лучи сложные обрамленные однорядные с 1-17 клетками по высоте, веретеновидные лучи выше однорядных и состоят из более крупных клеток, в центральной части веретеновидных лучей содержится горизонтальный смоляной ход, кроме горизонтальных смоляных ходов формируются нормальные вертикальные смоляные ходы (расположенные во всех частях слоя прироста, но чаще в переходной зоне и в поздней древесине), полость смоляных ходов выстлана 6-10 толстостенными эпителиальными клетками, сопровождающая паренхима образует замкнутую обкладку не всегда, на полях перекре-

ста луча и трахеиды пицеоидные и таксодиоидные поры по 2-4 на поле, тяжелая паренхима скудная терминальная.

3. Древесина липы сердцевидной (рис. 19, а-в) рассеянососудистая, состоит из сосудов, сосудистых трахеид, волокнистых трахеид, волокон либриформа, тяжелой и легкой паренхимы, годовичные кольца отчетливые с ровной границей (представленной 2-3 рядами сильно уплощенных волокнистых элементов), сосуды расположены равномерно по всему кольцу прироста одиночно или в компактных группах по 2-4, очертания просветов сосудов на поперечном срезе угловатые и округлые (25-90 мкм), членики сосудов тонкостенные 2,3-4,7 мкм с небольшими клювками, перфорации простые широкие округлые, межсосудистая поровость обильная сетчатая, все сосуды с хорошо выраженными спиральными утолщениями, волокнистые трахеиды и волокна либриформа тонкостенные с крупной полостью, у волокнистых трахеид редкие округлые окаймленные поры, у волокон либриформа узкие простые поры, тяжелая паренхима апотрахеальная цепочечная, каждый тяж состоит из 2-5 крупных клеток, лучи гомогенные (однорядные и 2-4-рядные), на радиальном разрезе клетки лучей лежачие, сосудисто-лучевая поровость обильная, поры мелкие полуокаймленные, расположенные сближенно.

4. Древесина березы повислой и березы пушистой (рис. 20 а-в) рассеянососудистая, содержит сосуды, сосудистые и волокнистые трахеиды, тяжелую и лучевую паренхиму, годовичные кольца отчетливые, пограничная полоса представлена 2-3 рядами сплюснутых в радиальном направлении волокон и клеток тяжелой паренхимы, просветы сосудов в поперечном сечении округлые (овальные), расположены по 2-5 в цепочки, диаметр просветов — 25,17-63,89 мкм, членики сосудов с короткими клювками тонкостенные (1,06-2,74 мкм), перфорационные пластинки лестничные с 10-18 перекладинами, межсосудистая поровость точечная очередная, окаймленные поры многочисленные (2,93-4,12 мкм) сомкнутые округлые, поры могут покрывать почти всю стенку сосуда, сосудистые трахеиды тонкостенные, встречаются очень редко, на стенках длинных волокнистых трахеид диффузно в небольшом количестве расположены окаймленные поры по 1-2 в ряду, осевая паренхима скудная апотрахеальная терминальная и диффузная, каждый тяж состоит из 2-5 клеток с большим количеством мелких пор на стенках, лучи гомогенные, по их ширине 1-2 (редко 3) узкие клетки, по высоте 23 клетки (19,98-345,27 мкм), клетки лучей в радиальном сечении лежачие, по краю лучей изредка встречаются квадратные клетки, сосудисто-лучевая поровость обильная, поры мелкие округлые.

5. Древесина осины (рис. 21 а-в) рассеянососудистая, сосуды многочисленные с диаметром 40-95 мкм, тонкостенные округлые или угловатые, большинство сосудов сомкнуты в радиальные группы по 2-5, одиночные сосуды встречаются в основном в поздней древесине, граница годовичного слоя обозначена узкой полосой из 1-2 рядов клеток (сильно сжатых в радиальном направлении и имеющих очень узкую щелевидную полость), основная масса древесины — мелкие тонкостенные волокна либриформа и сосудистые трахеиды, древесинная паренхима —



апотрахеальная терминальная очень скудная (расположена в пограничной зоне поздней древесины в виде редких одиночных клеток или однопорядковых тангентальных полосок из 2–3 клеток), сердцевинные лучи многочисленны и однопорядковые, по их высоте 1–25 клеток, клетки лучей (соприкасающиеся с сосудами) имеют 2–3 ряда крупных овальных пор (образующих характерную сетку), членики сосудов тонкостенные (1,5–3,0 мкм) короткие без клювиков, перфорационные пластинки наклонные простые, спиральные углощения отсутствуют, стенки сосудов с крупными свободными округло-овальными супротивными окаймленными порами, встречаются очередно расположенные сомкнутые многоугольные окаймленные поры.

6. Древесина ив (рис. 22 а–в) рассеяннососудистая, состоит из сосудов, волокон либриформа, тяжелой и лучевой паренхимы, годичные кольца отчетливые, обособленные 1–4 рядами сильно сплюснутых в тангентальном направлении клеток терминальной паренхимы и волокон либриформа, граница годичного слоя ровная, сосуды многочисленные, на поперечном разрезе одиночные или собранные в радиальные цепочки по 2–4, имеют округло-овальные очертания, в группах сосуды сплюснутые, контактируют в основном тангентальными и косотангентальными стенками, их диаметр — 23–68 мкм, членики сосудов тонкостенные (0,9 — 4,1 мкм) с клювиками небольших размеров, перфорации простые широкие и округлые (расположенные на скошенных в радиальной плоскости стенках), межсосудистая поровость сомкнутая (сетчатая), поры многочисленные — до 10 по ширине сосуда (имеют полигональные окаймления), волокна либриформа тонкостенные широкопросветные с редкими простыми порами, паренхима скудная апотрахеальная терминальная, лучи гетерогенные узкие и однопорядковые, по их высоте 1–27 клеток, сосудисто-лучевая поровость обильная, поры крупные неправильной формы и расположены сближенно, в клетках лучей часто встречаются кристаллы.

Ксилотомический анализ показал, что строение древесины деревьев и кустарников, произрастающих на территории Станции, соответствует видовой норме (видовым признакам). Нарушение ксилогенеза в пространстве Станции не диагностировано.

### Профилоаминоиндикация

Профилоаминоиндикация — самостоятельный раздел фитопатологической индикации, предназначенный, во-первых, для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни и, во-вторых, для контроля за обезпывающей сорбционной и адгезионной активностью листовой поверхности, с учетом как индикаторных показателей количественных характеристик профиля (рельефа), в первую очередь микропрофиля (микрорельефа) поверхности эпидермы аппендикулярных органов растений (листьевых пластинок, лепестков околоцветника), изменения которых могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа профилоаминоиндикации — анализ микропрофиля (микрорельефа) эпидермальной поверхности (Браверман, 1994; Слепян, Браверман,

1994) как составляющего комплексного анализа поверхности органов растительного организма (Кочетова, Кочетов, 1982; Jeniper, Jeffrey, 1983).

Количественные характеристики микропрофиля (микрорельефа) устанавливаются с использованием осяупывающего прибора типа профилограф–профилометр, позволяющего достигнуть 20000–кратное вертикальное увеличение и значительно варьировать длину трассы осяупывания. Цифровые значения микропрофиля (макропрофиля) могут быть подвергнуты дискриминантному и иному статистическому анализу.

Микропрофилю (микрорельефу) эпидермальной поверхности свойственны микронеровности нескольких порядков, в первую очередь микронеровности первого порядка, устанавливаемые при 200–600–кратном увеличении, и микронеровности второго порядка, устанавливаемые при большем увеличении. Количественные параметры микропрофиля (микрорельефа) эпидермальной поверхности:

Ra — среднее арифметическое отклонение профиля (микрорельефа),

Rz — высота неровностей микропрофиля (микрорельефа) по десяти точкам,

Rm — наибольшая высота микропрофиля (микрорельефа),

Rp — высота наибольшего выступа микропрофиля (микрорельефа),

Tr — относительная опорная длина микропрофиля (микрорельефа) —

устанавливаются с учетом двух критериев, первый из которых максимальное различие значений соответствующего параметра у растений разных видов, второй — минимальный коэффициент вариации соответствующего параметра у одной особи вида. Наиболее демонстративны параметр Ra и параметр Rm, средние значения которых в продольном и поперечном направлениях плоскости листовых пластинок не изменяются. У средней жилки и по краю листовой пластинки количественные значения параметров Ra и Rm как увеличиваются, так и уменьшаются. В пределах основной части эпидермальной поверхности значения параметров Ra и Rm распределены с вероятностью  $p=0,7-0,9$  совпадения с нормальным законом распределения по критерию Пирсона и могут быть анализированы с применением стандартных статистических методик.

Виды растений, произрастающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей профилоаминоиндикации, береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), береза повислая (*Betula pendula* Roth), липа европейская (*Tilia europaea* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), сирень обыкновенная (*Syringavulgaris* L.). Объекты анализа микропрофиля (микрорельефа) эпидермальной поверхности — листовые пластинки третьих листьев листовых серий раннего и позднего сроков формирования после его завершения, расположенные на высоте около 1,5 м от основания ствола (каждый параметр измерен 250 раз).

Результаты анализа микропрофиля (микрорельефа) эпидермальной поверхности, осуществленного с целью профилоаминоиндикации, следующие (табл. 15):

1. Береза пушистая. Количественные значения параметров Rz, Rp и Tr (при длине трассы, равной 0,8 мм), характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы пушистой, произрастающей в условиях Станции, на 3–20 мкм меньше количественных значений параметров Rz, Rp и Tr, характеризующих нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы пушистой, произрастающей на Васильевском острове в Санкт-Петербурге и избранной для целей сравнения. Количественные значения параметров Ra и Rm при длине трассы, равной 0,8 мм, характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы пушистой, произрастающей в условиях Станции, на 100 — 140 мкм больше количественных значений параметров Ra и Rm, характеризующих нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы пушистой, произрастающей на Васильевском острове в г. Санкт-Петербурге и избранной для целей сравнения.

2. Береза повислая. Количественные значения параметров Rz, Rp и Tr (при длине трассы, равной 0,08 мм), характеризующие верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок, на 5 — 20 мкм больше количественных значений параметров Rz, Rp и Tr, характеризующих верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы повислой, произрастающих на Васильевском острове в г. Санкт-Петербурге и избранной для целей сравнения.

Количественные значения параметров Ra и Rm (при длине трассы, равной 0,08 мм), характеризующие верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы повислой, произрастающей в условиях Станции, на 8–15 мкм меньше количественных значений параметров Ra и Rm, характеризующих верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок березы повислой, произрастающей на Васильевском острове в г. Санкт-Петербурге и избранной для целей сравнения.

3. Липа европейская. Количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующие верхнюю и нижнюю эпидермальные поверхности листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях Станции, превышают количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующие верхнюю и нижнюю эпидермальные поверхности листовых пластинок березы пушистой, березы повислой, липы европейской, липы сердцевидной и сирени обыкновенной, произрастающих в условиях Станции. Количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующие верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях Станции, совпадают с количественными значениями параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующими верхнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях исторического центра Санкт-Петербурга и избранной для целей сравнения (в пределах вероятности, равной 95%). Количественные значения параметров Ra и Rm, характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях Станции (при длине трассы, равной 0,8 мм), пре-

спираль уравнением линейной регрессии (табл. 24; рис. 27). При расчете параметров спирали раковины и сумм квадратов отклонений использованы стандартные процедуры линейного регрессионного и дисперсионного анализов.

Анализ развития раковины *Trichia hispida* (табл. 24) показал, что логарифм отношения диаметров (D1/Dэмбр) и величина углового прироста  $\Delta\varphi$  сильно коррелируют (коэффициент корреляции 0,977–0,986), что, с учетом результатов дисперсионного анализа, подтверждает правомерность использования логарифмической спирали при аппроксимации формы раковины.

Диаметр эмбриональной раковины во всех микробиотопах сходен и равен приблизительно 1,1 мм. Максимальный диаметр несколько различен. Однако, анализ зависимости между максимальным диаметром раковины и значением показателя нестабильности свидетельствует, что корреляция между ними очень мала (коэффициент корреляции –0,300 и ею обуславливаются около 9% общей дисперсии раковин (SSe/SSsum)). Таким образом, влиянием размера раковин на показатель нестабильности их развития можно пренебречь. Как показал сравнительный анализ, наибольшая нестабильность развития свойственна раковинам *Trichia hispida*, обитающей на территории производственной зоны Станции (0,046 условной единицы), а также на территории деревни Штурмангофф (0,042 условной единицы). Промежуточная величина показателя нестабильности развития обнаружена в популяции парка Лесотехнической академии г. Санкт-Петербурга, а наименьшие значения — в г. Сосновый Бор и на Дудергофских высотах (0,028 условной единицы).

Высокая нестабильность развития раковины, выявленная у *Trichia hispida* в деревне Штурмангофф (контроль) обусловлена, по-видимому, использованием ядохимикатов на приусадебных участках. Местообитания в г. Сосновый Бор и на Дудергофских высотах характеризуются меньшим загрязнением, соответственно, умеренными значениями показателя нестабильности развития. Высокая загрязненность окружающей среды, характерная для больших городов, в частности, для г. Санкт-Петербурга, приводит к увеличению нестабильности развития. Нестабильность развития раковины *Trichia hispida* на территории производственной зоны Станции неспецифична и свойственна, таким образом, любым техногенным территориям. Показатели нестабильности развития раковины *Trichia hispida*, обитающей на территории производственной зоны Станции и на территории парка Лесотехнической академии в г. Санкт-Петербурге, близки.

Тератологический анализ моллюсков, обитающих на территории Станции, не выявил пороков строения и развития, связанных с загрязнением среды.

Гаметологический анализ показал, что у *Bythinia tentaculata* образуются сперматозоиды трех типов, имеющие типичное строение, но значительно различающиеся по величине головки (рис. 28). Наиболее мелкие сперматозоиды (см.: Ankel, 1924; Keyl, 1955) — олигопиренные (содержащие 2–5 хромосом), сперматозоиды промежуточной величины — зупиренные (содержащие 17 хромосом) и наиболее крупные, но редко встре-

чающиеся, сперматозоиды гиперпиренные (содержащие более 17 хромосом). Нормальные и способны к оплодотворению зупиренные сперматозоиды. Возникновение сперматозоидов двух других типов связано с мейотическими нарушениями (Guisti, Selmi, 1982). Количество сперматозоидов различных типов, возникающих у *Bythinia tentaculata*, обитающей в водоотводящем канале Блока N1 и в водах пруда лесопарка «Сосновка» в г. Санкт-Петербурге (контроль), несколько различаются (табл. 25). Наиболее часты в упомянутых биотопах олигопиренные сперматозоиды (около 75%), значительно меньше количество нормальных зупиренных сперматозоидов (около 25%) и очень невелико (около 0,1%) количество гиперпиренных сперматозоидов.

Олигопиренные и гиперпиренные сперматозоиды возникают у *Bythinia tentaculata*, по-видимому, в результате неравных мейотических и митотических делений (Ankel, 1924). Деления первого типа обеспечивают появление олигопиренных и гиперпиренных клеток. В дальнейшем деление олигопиренных клеток протекает как равное, а гиперпиренных — как неравное. В итоге возникают 14 олигопиренных и 2 гиперпиренные сперматиды. Первое деление (сперматоцит 1) протекает обычно как равное. Неравные деления (2–4-е) отличаются тем, что только несколько хромосом расходятся нормально с участием двух центриолей и примитивного веретена. Остальные хромосомы неактивны и образуют остаточную массу у одного из полюсов делящейся клетки. В последующих делениях одни хромосомы очевидно выступают как нормальные и другие как аномальные. Гиперпиренные остаточные тела как правило дегенерируют, но возможно и их участие в процессах завершения гаметогенеза. Как правило, в семенной пузырьке поступают только зупиренные и олигопиренные сперматозоиды (Keyl, 1955). Этот факт, очевидно, объясняет чрезвычайно низкую частоту, с которой встречаются гиперпиренные сперматозоиды в сравниваемых микробиотопах. В результате нормальных делений при гаметогенезе должны возникать 16 зупиренных сперматозоидов. Выявленное соотношение частот олигопиренных и зупиренных сперматозоидов позволяет предположить, что из четырех циклов делений, осуществляющихся при гаметогенезе, только один протекает нормально. В этом случае на каждые 16 нормальных гамет должны возникать 42 олигопиренные сперматозоида. Соотношение гамет обоих типов в семенном пузырьке должно быть близко к соотношению 1:3, что и наблюдается в действительности.

Достоверные различия по частоте зупиренных, олигопиренных и гиперпиренных гамет в сравниваемых микробиотопах не обнаружены, хотя по данным дисперсионного анализа около 24% общей изменчивости связано с факторами среды. Существует слабая тенденция к небольшому дефициту зупиренных гамет у *Bythinia tentaculata*, обитающей в водоотводящем канале (по сравнению с обитающей в лесопарке «Сосновка»). Возможно, это следствие слабого воздействия неблагоприятных факторов среды.

У *Succinea putris* нарушения гамет светоптически не диагностированы (возможно, что это объясняется сложностью взаимодействия между сперматогенными и опорными клетками у моллюсков Pulmonata, сходного с тем,

которое осуществляется между клетками Сертоли и гаметами у млекопитающих). По-видимому, контроль со стороны опорных клеток приводит к элиминации половых клеток, имеющих грубые нарушения уже в начале сперматогенеза (Шилейко, 1991).

Изложенное свидетельствует, что популяционная динамика, характеризующая популяции наземных моллюсков — обитателей территории Станции, типична для Северо-Запада России в целом.

Интересно отметить, что в водоотводящих каналах Блока N1 даже в осенние сроки (октябрь) у *Bythinia tentaculata* и *Lympnaea ovata* происходит откладка яиц и в яйцах развиваются эмбрионы. Подобное растягивание сроков размножения — следствие повышения температуры вод, сбрасываемых в водоотводящий канал.

## Почвенные клещи

Почвенные клещи — значительный и существенный компонент микрофауны — действенный участник части биогеохимических циклов, осуществляющихся в почвенном покрове. Видовое разнообразие почвенных клещей в почвенном покрове — один из основных показателей его состояния. Основную группу почвенных клещей представляют панцирные клещи (орибатиды (Oribatea)), доля которых среди клещей — обитателей почвы обычно превышает 75%. На территории производственной зоны Станции орибатиды выявлены только на трех геоботанических площадках (N12, N15 и N24), а почвенные гамазовые клещи на десяти геоботанических площадках (N6, N9, N10, N11, N13, N15, N19, N21, N22, N23).

В почвенном покрове площадки N6 у ограждения Станции в растительном покрове выявлен гамазовый клещ *Amblyseius obtusus* (самка) — активный хищник, обитающий в подстилке (а также на травянистых растениях), вид широко распространенный в Европе.

В почвенном покрове площадки N9 с сосной обыкновенной и вязом шершавым выявлен гамазовый клещ *Veigala cervus* (самка) — хищник, обитающий в луговых дерновинах, в массе гумуса, в лесной подстилке, среди мхов, в поверхностном слое почвы на глубине до 5 см и характеризующийся широким распространением (от Кольского полуострова до Кавказа и Тянь-Шаня).

В почвенном покрове площадки N10 на увлажненном газоне с отдельными растениями выявлен гамазовый клещ *Veigala nemorensis* (4 самки) — хищник, обитающий в лесной подстилке, в луговом и лесном почвенном покрове, в старых муравейниках, в гнездах грызунов.

В почвенном покрове площадки N11 с луговыми и рудеральными растениями под линией передачи электрической энергии также выявлен гамазовый клещ *Veigala nemorensis* (самка).

В почвенном покрове площадки N12 на увлажненном газоне с влаголюбивыми растениями выявлен панцирный клещ *Orpiella nova* (взрослый клещ) — наиболее широко распространенный вид среди панцирных клещей Ленинградской области, характеризующийся устойчивостью к изменениям условий среды.

В почвенном покрове площадки N13, заселенном многими видами луговой флоры, вы-

вышают количественные значения параметров Ra и Rm, характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях исторического центра Санкт-Петербурга и избранной для целей сравнения, на 100 мкм. Количественные значения параметров Ra и Rm, характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской, произрастающей в условиях исторического центра Санкт-Петербурга и избранной для целей сравнения, на 200 мкм.

4. Липа сердцевидная. Количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr (при длине трассы, равной 0,8 мм), характеризующие верхнюю и нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы сердцевидной близки (при такой же длине трассы) количественным значениям параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr трассы, характеризующей верхнюю и нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской. Отличие — количественные значения параметров Ra и Rm (при длине трассы, равной 0,8 мм), характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы сердцевидной, которые примерно в 2 раза меньше соответствующих значений, характеризующих нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок липы европейской.

5. Сирень обыкновенная. Количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующие верхнюю и нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок особей, произрастающих в условиях Станции, превышают соответствующие количественные значения параметров Ra, Rz, Rm, Rp и Tr, характеризующие верхнюю и нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок особей, произрастающих в условиях исторического центра Санкт-Петербурга. Количественные значения параметра Ra, характеризующего верхнюю и нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок особей, обитающих в условиях Станции, превышают соответствующие количественные значения у особей, произрастающих в условиях исторического центра Санкт-Петербурга, на 20 мкм. Количественные значения параметров Ra и Rm (при длине трассы, равной 0,8 мм), характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок особей, произрастающих в условиях Станции, превышают соответствующие значения у особей, произрастающих в условиях исторического центра Санкт-Петербурга, на 90 мкм. Количественные значения параметров Rz, Rp и Tr, характеризующие нижнюю эпидермальную поверхность листовых пластинок (при длине трассы, равной 0,8 мм) в условиях Станции больше, чем в условиях Санкт-Петербурга, на 50 мкм. Сопоставление количественных значений характеристик микропрофиля (микрорельефа) эпидермальных поверхностей свидетельствует, что у растений одного вида эти значения при произрастании в условиях Станции больше, чем при произрастании в условиях Санкт-Петербурга. В наибольшей мере изменчив микропрофиль (микрорельеф) меньшего порядка нижней эпидермальной

поверхности листовых пластинок (устанавливаемый при длине трассы, равной 0,8 мм). В наименьшей мере изменчив микропрофиль (микрорельеф) большего порядка верхней эпидермальной поверхности листовых пластинок (устанавливаемый при длине трассы, равной 0,08 мм). Наиболее неоднороден микропрофиль (микрорельеф) эпидермальной поверхности листовых пластинок липы европейской, наименее неоднороден микропрофиль (микрорельеф) эпидермальной поверхности листовых пластинок березы повислой и липы сердцевидной.

### Симбиондикация

Симбиондикация — самостоятельный раздел биологической индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик симбиотрофных (в том числе паразитарных) систем (включая и многокомпонентные паразитоценозы). Основа симбиондикации — выявление многообразия систем «симбионт (паразит) — хозяин», определение их видового состава, частоты возникновения, распространения в контролируемых пространствах и сроков существования, в целом симбиотологический и, в частности, паразитологический анализ с использованием правил экологической паразитологии (см.: Догель, 1962). Особая категория симбиондикации — симбиондикация с исследованием паразитарных систем, в которых функцию хозяина исполняет организм растения, а функцию паразита (эктопаразита или эндопаразита) — обитатели растений — фитотропные вирусы, микоплазмы, бактерии, грибы, нематоды, клещи и насекомые, характеризующиеся высокой и токсической специфичностью и удовлетворяющие требованиям правил экологической паразитологии (Слепян, 1970). Среди фитопаразитарных и, в целом, фитосимбиотрофных систем наиболее демонстративны (Слепян, 1973) характеризующиеся проявлением патологического роста — галлогенеза и тератогенеза.

Следует отметить, что симбиотрофные системы — одни из наиболее чувствительных к условиям и качеству окружающей среды и к условиям и качеству жизни. Возможность возникновения, становления и функционирования симбиотрофных связей (в форме биотрофа, триотрофа и т.д.) определяется как условиями и качеством окружающей среды организма симбиота [условиями его биотопа (экотопа)], так и условиями и качеством окружающей среды для организма симбионта (паразита), т.е. условиями экзостаций и эндостаций соответственно на покровах организма хозяина (продуцента) и в его теле. Симбиотрофизм обеспечивается, таким образом, «нормальностью» для симбиотофора и симбионта (паразита) экологических условий сред обитания первого и второго порядков (а также последующих порядков при увеличении ранга порядка продуцента и консумента). Предопределение и обеспечение упомянутой зависимости — своего рода возложение организмом симбионтом, паразитом (консументом) на организм хозяина (продуцента) функции регулятора взаимоотношений со средой биотопа (экотопа).

Важнейшая причина ухудшения состояния организма хозяина (продуцента) как среды обитания (экзостации, эндостации) для симбионта (паразита) — химическое загрязнение и изменение свойств при подверженности физическим воздействиям (в том числе сопровождающиеся в условиях поля ионизирующей радиации и образованием и накоплением радиотоксинов). Как загрязнение, так и изменение физических свойств лишают организм симбиотофора (продуцента) значения среды обитания (экзостации, эндостации) для организма симбионта, паразита (консумента). Следствие этого — предостережение возможности возникновения и становления симбиотрофной связи. В особенности действенная причина, ограничивающая распространение симбиотрофизма, — экзогенное и эндогенное химическое загрязнение, в том числе и обуславливающее экзогенную или же эндогенную интоксикацию различной этиологии. Наиболее биологически опасное проявление загрязнения — дисхемия (как естественная, так и техногенная) приземного слоя атмосферного воздуха, почвенного покрова, почвенных и грунтовых вод, атмосферных водосодержащих выпадений, полностью или почти полностью ингибирующая симбиотрофизм. Развитие и проявление симбиотрофизма — свидетельство ограниченности дисхимии приземного слоя атмосферного воздуха в условиях биотопа (экотопа) симбиотофора — организма хозяина симбионта (паразита).

На территории производственной зоны Станции проявление симбиотрофизма (Слепян, Елерин, 1995а) — формирование паразитарных геммотератоморф, вызываемых у *Salix* spp. [вызываемых множественной инвазией почек *Eriophyes friradiatus* Nal. (s.l.), *Eriophyes salicinus* Nal. (s.l.) и четырехногими клещами (*Eriophyidae*, *Tetrarodii*) иных видов, образование галлов на листовых пластинках *Salix* spp. [вызываемых *Pontania* spp. (*Tenthredinidae*)] и *Betula* spp. [вызываемых галлицами (*Cecidomyiidae*) филлобионтами, в частности, *Anisostephus betulinum* (Kfrf.)]. Организмы — возбудители патологических новообразований у растений характеризуются незначительными толерантностью и способностью выдерживать повреждающее воздействие химического загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха. Их развитие в условиях территории производственной зоны Станции — свидетельство относительного соответствия качества воздушного бассейна этой территории необходимому для осуществления симбиотрофизма.

### ФАУНА

Фауна (систематическое разнообразие беспозвоночных и позвоночных животных в определенном пространстве в определенные исторические сроки) — компонент биотической составляющей природной среды, экологических систем. Характеристики фауны, во-первых, существенны в связи с тем, что многие животные обеспечивают в процессе своей жизнедеятельности размножение и расселение растений: во-вторых, они важны, так как животные организмы — основные потребители вегетирующих растений (а также потребители грибов); в третьих, они необходимы в связи с тем, что животные организмы редуценты (некрофаги, сапрофаги) выполняют своего рода санитарную функцию и участвуют в связи с этим в осуществлении



явлен гамазовый клещ *Gamasolaelaps* sp. (дейтонимфа), чувствительный к влаге и обитающий на поверхности почвы в наиболее влажных местах.

В почвенном покрове площадки N15 с насыпной почвой выявлен панцирный клещ *Heminothrus thori* (личинка и нимфа) и гамазовый клещ *Aceoseius muricatus* (две дейтонимфы и самка) — хищник, обитающий в компосте, во мху, под гниющей листвой, распространенный в Ленинградской области, в Прибалтике и в Западной Европе.

В почвенном покрове площадки N19 (газоны с луговыми травами) выявлен гамазовый клещ *Hypoaspis (Geolaelaps) praesternalis* (две самки) — хищник, встречающийся в верхних горизонтах почв, на полях, на лугах и болотах, широко распространенный в Западной Европе и в бывшем СССР.

В почвенном покрове площадки N21 у ограды Станции выявлены гамазовые клещи *Hypoaspis (Geolaelaps) praesternalis* (две самки), *Veigaia nemorensis* (самка), *Amblyseius obtusus* (самка), *Phytoseius* sp. (самка) — хищники, широко распространенные и обычные в Ленинградской области.

В почвенном покрове площадки N22 выявлен гамазовый клещ *Pergamasus* sp. (самка) — повсеместно распространенный хищник.

В почвенном покрове площадки N23, характеризующейся преобладанием луговых растений, выявлены гамазовые клещи *Hypoaspis (Geolaelaps) praesternalis* (самка) и *Veigaia* sp. (дейтонимфа и самка).

В почвенном покрове площадки N24 (на участке свалки металлических отходов) со случайной группировкой видов растений выявлен панцирный клещ *Eupelops* sp. (нимфа), обладающий мощным хитиновым покровом — защитой от повреждающих воздействий внешней среды, широко распространенный, но немногочисленный на территории Ленинградской области и России в целом.

Почвенный покров территории Станции, как следует из изложенного, крайне обеднен почвенными клещами. Для сравнения следует отметить, что в дерново-подзолистых почвах Ленинградской области (Ситникова, 1962) число видов панцирных клещей в подстилке до глубины в 30 см достигает 38, а их численность — до 141 экз. на 500 куб. см почвы.

С целью сравнения следует отметить, что в почвенном покрове у иловых площадок Северной станции аэрации сточных вод, значительно загрязненных ионами тяжелых металлов, фауна почвенных клещей также крайне обеднена. Ведущий и наиболее многочисленный вид панцирных клещей — *Orpella nova*, исключительно устойчивый к воздействию химических загрязнителей. Об этом свидетельствуют и результаты экспериментов с его лабораторной культурой. Обнаружение в почвенном покрове лишь одной особи экземпляра этого вида подтверждает обеднение фауны панцирных клещей на территории производственной зоны Станции.

Выдерживают воздействие химических загрязнителей почвенного покрова также панцирные клещи — представители семейства *Peloridae*, в частности клещи рода *Eupelops*, отличающиеся мощными наружными покровами и также выявленные ранее в почвенном

покрове у иловых площадок Северной станции аэрации сточных вод. Обнаружение в почвенном покрове производственной зоны Станции лишь неполовозрелой стадии (нимфы) этих клещей указывает на их недавний занос с привозной почвой. На начало заселения ими площадки указывает и обнаружение нескольких неполовозрелых панцирных клещей вида *Heminothrus thori*, которые ранее на анализированных загрязненных территориях обнаружены не были.

Результаты анализа фауны гамазовых клещей территории производственной зоны Станции убеждают, что почвообразование началось на этой территории совсем недавно и происходит процесс формирования почвенной фауны, образующейся на основе заноса педобионтов. Об осуществляющемся почвообразовании косвенно свидетельствует достаточное видовое разнообразие клещей-педобионтов, заселяющих формирующийся почвенный покров и принадлежащих к панцирным клещам из семейств *Orpidae*, *Camisiidae* и *Peloridae* и к гамазовым клещам из семейств *Laelapidae*, *Veigaiaidae*, *Ameroseiidae*, *Phytoseiidae*, *Aceoseiidae* и *Parasitidae*, отличающимся определенной экологической выносливостью.

## Рыбы

Рыбы — демонстративные биологические индикаторы состояния водной среды, в первую очередь индикаторы ее химического и механического загрязнения, активности ионизирующей радиации, оксигенации, температурного баланса, освещенности, гидродинамических характеристик.

В водных объектах Станции (в частности, в водобросном канале) значение биологического индикатора имеет колюшка трехиглая (*Gasterosteus aculeatus* L.), численность которой достаточна для биоиндикационного анализа. Состояние колюшки трехиглой в целом нормальное (лишь у одной особи диагностирована локальная депигментация кожного покрова — широко распространенное патологическое явление, возникающее при нахождении водотоков и водоемов в промышленно освоенном пространстве).

## Амфибии

Амфибии — демонстративные биологические индикаторы состояния как водной, так и наземной, в основном околородной, среды, реагирующие в первую очередь на водный баланс, на химическое и механическое загрязнение, на оксигенацию, на воздействие ионизирующей радиации, электромагнитных и электростатических полей, на изменения температурного режима и звуковое давление.

Амфибия, имеющая значение биологического индикатора состояния природной среды Станции, — лягушка травяная (*Rana temporaria* L.). Выход ее после зимовки на территории Станции происходит в последней декаде апреля, начало икрометания — в первой декаде мая. Сравнение взрослых лягушек травяных, обитающих на территории производственной зоны Станции и в ее окрестностях (в частности, в смешанном лесу у ближайшего к Станции поселка Систо-Палкино), показало, что на территории Станции у взрослых особей достоверно (по кри-

терию достоверности Стьюдента при  $P=0,05$ ) увеличены длина и масса тела, индекс сердца и индекс печени [на территории производственной зоны Станции (по результатам осенних измерений) в среднем длина тела превышает 30 см, масса тела 20 г, индекс сердца — 0,6 и индекс печени 3,5; на территории трехкилометровой зоны в среднем длина тела около 5,5 см, масса тела около 8 г, индекс сердца — 0,35 и индекс печени — 2,55; в смешанном лесу у поселка Систо-Палкино в среднем длина тела 4,3 см, масса тела около 6 г, индекс сердца — 0,3, индекс печени — 2,0]. Изменчивость размеров тела и увеличение сердца и печени — неспецифическая, по существу стрессовая, реакция на условия техносферы, в первую очередь на химическое загрязнение (см.: Мисюра, 1985, Пястолова, 1985, и мн. др.). В условиях Станции у лягушки травяной диагностированы депигментация интегументов и изменение консистенции паренхимы печени (ее рыхлость) — проявление жировой дистрофии, которые этиологически неспецифичны и обычны в условиях промышленной среды.

## Птицы

Птицы — биологические индикаторы состояния наземной, водной и воздушной сред (Furness, Greenwood, 1993). Характеристики видового состава, численности, соотношения по возрасту и полу, индивидуального развития и жизненных циклов, строения и функциональных отравлений имеют значение для анализа воздействий химического загрязнения, ионизирующей радиации, электромагнитных и электростатических полей.

На территории производственной зоны Станции зарегистрированы птицы 50 видов (табл. 26). Однако, число видов, достаточно обычных в условиях Станции, ограничено. К ним принадлежат, в частности, синица большая (*Parus major* L.), воробей домовый [*Passer domesticus* (L.)], воробей полевой [*Passer montanus* (L.)] и голубь сизый (*Columba livia* (L.)). В поздние осенние сроки (в ноябре) эти виды в условиях Станции случайны.

В период массовой миграции на территории Станции периодически останавливаются для отдыха и питания: снегирь [*Pyrrhula pyrrhula* (L.)], чечетка обыкновенная [*Acanthis flammea* (L.)], чиж [*Spinus spinus* (L.)], серол [*Carduelis carduelis* (L.)], зеленушка [*Chloris chloris* (L.)], овсянка обыкновенная [*Emberia citrinella* (L.)]. Растительный покров на территории Станции как источник пищи для птиц достаточно скуден, в связи с чем массовое скопление птиц не возникает. В осенние сроки ягодные кустарники привлекают дрозда-рябинника [*Turdus pilaris* (L.)], а заросли шиповника зарянку [*Erethacus rubecula* (L.)]. К окончанию осени пролет прекращается и орнитофауна территории производственной зоны Станции обедняется. В конце ноября — декабре она представлена вороной серой (*Corvus cornix* L.), сорокой (*Pica pica* L.), синицей большой (*Parus major* L.), лазоревой (*Parus caeruleus* L.) и чайкой сизой (*Larus capus* L.). В летнее время видовой состав птиц более разнообразен, а некоторые виды достаточно многочисленны. Под пандусом перехода у Блока



N1 выявлена колония ласточки городской [*Delichon urbica* (L.)] с 66 гнездами. Анализ состояния гнезд свидетельствует об ее успешном размножении. У Блока N2 выявлены гнезда сороки (*Pica pica* L.) и чечевички обыкновенной [*Carpodacus erythrinus* (L.)]. В щелях здания Блока N2 в период осеннего абортивного цикла гнездятся воробьи полевые [*Passer montanus* (L.)].

### Млекопитающие

Млекопитающие, в особенности грызуны, а также насекомоядные, — высоко демонстративные биологические индикаторы состояния окружающей среды, используемые и для целей радиозоологического контроля (Соколов и соавт., 1989). Такое значение грызуны и насекомоядные имеют в связи с распространением во многих ландшафтных зонах и большой численностью, способностью обитать и размножаться на техногенно освоенных территориях при значительной подверженности воздействию антропогенных повреждающих агентов.

На территории производственной зоны Станции обитают грызуны семи видов — мышь полевая [*Apodemus agrarius* (Pallas)], мышь желтогорлая [*Apodemus flavicollis* (Melchior)], мышь-малютка [*Microtus minutus* (Pallas)], полевка обыкновенная [*Microtus arvalis* (Pallas)], полевка-экономка [*Microtus oeconomus* (Pallas)], полевка рыжая [*Clethrionomys glareolus* (Schreber)] и крыса серая [*Rattus norvegicus* Berkenhout], численность которой регулируется дератизационными мероприятиями, а также насекомоядные одного вида — бурозубка обыкновенная [*Sorex araneus* (Linn.)].

Производственная зона Станции заселена грызунами неравномерно, хотя кормовая база на различных участках ее территории сопоставима.

Грызуны преимущественно обитают на участках территории производственной зоны Станции, прилегающих к Блоку N1 и Блоку N2, которые заселены и бурозубкой обыкновенной. Наименьшее число видов грызунов выявлено на участках территории Станции у Блока N3 и Блока N4. Наиболее распространена мышь полевая. Численность мыши-малютки, полевки рыжей и бурозубки обыкновенной с учетом показателя частоты встречаемости сравнима. Наиболее малочисленна и наименее распространена мышь желтогорлая. К наступлению осени ее численность, однако, может увеличиваться.

Численность разных видов грызунов на территории производственной зоны Станции (устанавливаемая на основе учета с использованием методики так называемых ловушко-линий и ловушко-суток) в последовательные сезоны года неодинакова. Наиболее низка численность в весенние сроки (0,7 особи на 100 ловушко-суток). В летние сроки (в июле-августе) численность грызунов значительно увеличивается (до 8,8 особей на 100 ловушко-суток). В осенние сроки (в сентябре-октябре) численность может как увеличиваться (до 11,4 особей на 100 ловушко-суток), так и уменьшаться (до 5,0 особей на 100 ловушко-суток). Причины сезонных изменений численности — обогащение или обеднение кормовой базы, миграция на территорию Станции и с территории Станции, а также появление летней генерации. В сентябре-октябре около 50% грызунов от их об-

щего числа — детеныши. Следует отметить, что среди половозрелых и неполовозрелых особей количество самцов превышает количество самок.

Определение направленности влияния условий существования в пределах территории производственной зоны Станции на грызунов осуществлен с анализом их двигательной активности (на основе учета длины пройденного пути в приборе «Лабиринт» с регистрирующей системой). Анализ показал (табл. 27), что двигательная активность мышей полевых, обитающих в условиях Станции, не нарушена и характеризуется индивидуальной изменчивостью, причем у самок двигательная активность больше, чем у самцов.

### ЗООПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ

Зоопатологическая индикация — самостоятельная категория биологической и, в частности, зоологической индикации, предназначенная для выявления и оценки меры экологической опасности и опасности для здоровья животных, человека и растений с использованием сведений о нарушениях в развитии, строении и жизнедеятельности клеточных органелл, клеток, клеточных аппаратов, тканей, тканевых систем, органов и систем органов животных организмов и животных организмов в целом, возникновение которых обусловлено повреждающим воздействием соответственно цитотропных, гистотропных, органотропных и эмбриотропных зоопатогенных агентов, потенциально патогенных не только для животных, но и для человека и растительных организмов.

Раздел и, соответственно, методика зоопатологической индикации, в первую очередь, существенная для установления состояния природной среды Станции, — индикация на основе анализа крови (гемоиндикация).

### Гемоиндикация

Гемоиндикация — самостоятельный раздел зоологической, в частности, зоологической морфо-функциональной, индикации, предназначенный для контроля за условиями и качеством окружающей среды и за условиями и качеством жизни с учетом как индикационных показателей характеристик крови беспозвоночных и позвоночных животных, нарушение процессов образования форменных элементов, химического состава и функционирования которой могут быть вызваны воздействием химических и физических (в том числе механических) повреждающих агентов. Основа гемоиндикации — гематологический анализ, имеющий демонстративное значение в условиях любой производственной и городской среды, в том числе и в условиях зон размещения предприятий атомной энергетики (см.: Hewitt, 1963; Hulse, 1963; Маслова и соавт., 1994, и мн. др.).

Виды животных, обитающие на территории производственной зоны Станции и использованные для целей гемоиндикации, — лягушка травяная (*Rana temporaria* L.), мышь полевая [*Apodemus agrarius* (Pallas)] и синица большая (*Parus major* L.). Препараты периферической крови изготовлены на предметных стеклах. Кровь фиксирована метанолом и окрашена по методике Романовского-Гимза. У лягушек тра-

вяных препараты крови изготовлены сразу же после отлова и декаптации. У мышей полевых кровь взята из хвоста сразу же после отлова, через один месяц и через один год после отлова. У синиц больших забор крови произведен из вены кистевой части крыла.

Результаты гематологического анализа, осуществленного с целью гемоиндикации, следующие:

- У лягушек травяных диагностированы (табл. 28):
  - микроцитоз эритроцитов;
  - микроцитоз гранулоцитов;
  - одноразмерность эритроцитов, гранулоцитов и малых лимфоцитов;
  - одновременное уменьшение количества малых лимфоцитов и увеличение количества средних и больших лимфоцитов;
  - увеличение количества нейтрофилов и моноцитов;
  - уменьшение содержания гемоглобина;
- У синиц больших диагностированы (табл. 29):
  - увеличение количества базофилов;
  - уменьшение количества псевдоэозинофилов;
  - увеличение (незначительное) количества нейтрофилов;
  - увеличение (незначительное) содержания гемоглобина;
- У мышей полевых диагностированы (табл. 30):
  - микроцитоз эритроцитов [на территории Станции диагностирован у 90% особей; при содержании в лабораторных условиях вне территории Станции количество эритроцитов, характеризующихся микроцитозом, через месяц после отлова уменьшается до 42,5%, через 12 месяцев после отлова — до 22% (относительной нормы); в условиях смешанного леса у пос. Лебяжье (анализ для сравнения) диагностирован у 22% особей];
  - пойкилоцитоз эритроцитов [на территории Станции диагностирован у 81% особей; при содержании в лабораторных условиях вне территории Станции количество эритроцитов, характеризующихся пойкилоцитозом, через месяц после отлова уменьшается до 18%, через двенадцать месяцев после отлова — до 13% (относительной нормы); в условиях смешанного леса у пос. Лебяжье (анализ для сравнения) — редок];
  - микроцитоз нейтрофилов [на территории Станции диагностирован у 90% особей; при содержании в лабораторных условиях вне территории Станции через двенадцать месяцев после отлова не диагностирован; в условиях смешанного леса у пос. Лебяжье (анализ для сравнения) не диагностирован];
  - микроцитоз эозинофилов [на территории Станции диагностирован у 90% особей; при содержании в лабораторных условиях вне территории Станции через двенадцать месяцев не диагностирован; в условиях смешанного леса у пос. Лебяжье (анализ для сравнения) не диагностирован];
  - микроцитоз гранулоцитов [на территории Станции диагностирован у 90% особей, в условиях смешанного леса у пос. Лебяжье не диагностирован];

в) отсутствие изменений лимфоцитов и моноцитов;

ж) увеличение (незначительное) содержания гемоглобина.

Как у лягушек травяных, так и у синиц больших и мышей полевых, обитающих в условиях Станции, количество лейкоцитов несколько превышает относительную видовую норму и диагностируется незначительная тромбоцитопения.

Основные результаты биохимического анализа крови лягушек травяных, синиц больших и мышей полевых — обитателей территории производственной зоны Станции, следующие:

концентрация общего белка сыворотки крови у особей всех видов находится в пределах относительной видовой нормы;

содержание альфа-глобулинов и бета-глобулинов у особей всех видов превышает их содержание, характеризующее относительную видовую норму (отклонение от относительного видового нормального содержания альфа-глобулинов в среднем достигает 30%, отклонение содержания бета-глобулинов в среднем достигает 12–15%);

содержание белков, сорбирующихся на фимозане (характеризующее естественную резистентность) у особей всех видов значительно уменьшено (содержание, характеризующее относительную видовую норму здоровых особей — 1–2% от общего белка сыворотки крови; содержание у особей в условиях Станции — 0,1–0,5% от общего белка сыворотки крови).

Изменения крови, диагностированные у лягушек травяных, синиц больших и мышей полевых, обитающих на территории производственной зоны Станции, сопоставимы, этиологически неспецифичны и обычны для промышленной и урбанизированной сред.

### ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Эколого-химическая характеристика природной среды — характеристика абиотической, биокосной и биотической составляющих природной среды и природной среды в целом, отражающая качественный состав и количественный состав химических элементов и химических соединений, участвующих, во-первых, во взаимоотношениях организмов продуцентов, консументов и редуцентов друг с другом и с их биотопами (экотопами); во-вторых, в взаимном обмене массой, энергией и информацией между организмами, надорганизменными образованиями (популяциями, ценозами, трофодинамическими цепями) и занимаемыми ими биотопами (экотопами); в третьих, в обеспечении надежности и устойчивости индивидуального развития и жизненного цикла организмов, а также процессов возникновения, становления и функционирования надорганизменных образований (популяций, ценозов, трофодинамических цепей) в занимаемых ими биотопах (экотопах). Первостепенный по значению показатель эколого-химической характеристики природной среды — дисхемия (см. Слепяч, 1984а) отклонение состава, содержания и соотношения химических элементов и соединений от естественного фона, от показателей, выраженных в кларках, от предельно допустимых концентраций в результате локально специфически осуществляющихся

биогеохимических циклов, геохимического метаболизма, биохимического метаболизма, воздействия в целом человеческой деятельности. Основа эколого-химической характеристики — эколого-химический анализ.

Эколого-химический анализ — анализ динамики качественного состава, количественного содержания и взаимного соотношения в пространстве и во времени химических элементов и соединений, имеющих значение для сохранения природной среды, для возникновения, становления и преобразования биотической, биокосной и абиотической составляющих экологических систем и экологических систем в целом. Эколого-химический анализ — важнейшее по значению условие установления закономерностей возникновения химической неоднородности биосферы, обособления геохимических провинций, осуществления биогеохимических циклов, естественных и антропогенных миграций веществ, появления аномалий и ореолов рассеяния. В условиях территорий производственных предприятий, в том числе и в зонах размещения атомных электрических станций, в особенности существен эколого-химический анализ, предназначенный для установления закономерностей химического загрязнения техногенноизмененных пространств биозоологически наиболее опасными химическими загрязнителями — неутрализованными продуктами используемых технологий. Одни из наиболее эколого-информационно значимых из этих загрязнителей — ионы тяжелых металлов и полициклические ароматические углеводороды.

Состав и содержание ионов тяжелых металлов установлены с применением методики рентгенофлуоресцентного спектрального анализа и методики атомно-абсорбционного спектрального анализа. Состав и содержание полициклических ароматических углеводородов установлены с применением методики низкотемпературной спектрофлуориметрии, основанной на эффекте Э.В.Шпольского. Отбор образцов почв произведен как по горизонтали (на всей территории производственной зоны Станции — на открытых участках и под растениями, органы которых также подверглись анализу), так и по вертикали (с использованием почвенных разрезов). При зоологическом анализе анализированы как беспозвоночные, так и позвоночные животные.

Объекты эколого-химического анализа на территории производственной зоны Станции — почвы, растения — ель обыкновенная [*Picea abies* (L.) Karst.], сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale* Wigg.), беязы (*Betula* spp.), свίδα отпрысковая [*Swida sericea* (L.) Holub.], ясень высокий (*Fraxinus excelsior* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* Jacq.f.Reichenb.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), пузыреплодник калинолистный [*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.], шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.), осина (*Populus tremula* L.), ивы (*Salix* spp.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), липа европейская (*Tilia europaea* L.) и вязы (*Ulmus* spp.); беспозвоночные педобионты — дождевые черви (*Lumbricidae*) и муравей черный (*Lasius niger* L.), позвоночные колюшка трехгиглая [*Gasterosteus aculeatus* (L.)], лягушка травяная (*Rana temporaria*

L.), воробей домовый (*Passer domesticus* L.), синица большая (*Parus major* L.), чайка сизая (*Larus canus* L.), мышь полевая [*Apodemus agrarius* (Pallas)], полевка рыжая [*Clethrionomys glareolus* (Schreber)], бурозубка обыкновенная [*Sorex araneus* (L.)].

Результаты эколого-химического анализа почвенного покрова территории производственной зоны Станции, а также растительных и животных организмов, обитающих на этой территории, следующие.

1. Содержание ионов тяжелых металлов в почвенном покрове пространственно неравномерно, микромозаично и изменяется от следовых количеств до количеств, превышающих гигиенический нормы [содержание ионов ванадия варьирует от 10 мг до 40 мг на кг сухого веса почв (количество ионов ванадия в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 10 мг, 11 мг, 12 мг, 13 мг, 15 мг, 20 мг, 21 мг, 23 мг, 28 мг, 30 мг, 33 мг, 34 мг и 40 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов хрома варьирует от следового до 100 мг на кг сухого веса почв (количество ионов хрома в почве отдельных участков почвенного покрова следовое или измеряется 2 мг, 3 мг, 5 мг, 6 мг, 7 мг, 8 мг, 10 мг, 11 мг, 12 мг, 14 мг, 15 мг, 18 мг, 20 мг, 22 мг, 25 мг, 28 мг, 30 мг, 33 мг, 37 мг, 40 мг, 48 мг, 50 мг, 52 мг, 60 мг, 61 мг, 62 мг, 64 мг, 75 мг, 88 мг и 100 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов марганца варьирует от 45 мг до 2000 мг на кг сухого веса почв (количество ионов марганца в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 45 мг, 56 мг, 110 мг, 126 мг, 127 мг, 133 мг, 143 мг, 150 мг, 162 мг, 200 мг, 220 мг, 229 мг, 300 мг, 318 мг, 320 мг, 370 мг, 400 мг, 470 мг, 480 мг, 500 мг, 506 мг, 510 мг, 540 мг, 560 мг, 600 мг, 610 мг, 650 мг, 680 мг, 740 мг, 750 мг, 800 мг, 850 мг, 870 мг, 910 мг, 1000 мг, 1100 мг и 2000 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов железа варьирует от следового до превышающего 4800 мг на кг сухого веса почв (количество ионов железа в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 631 мг, 784 мг, 1000 мг, 1474 мг, 1590 мг, 1865 мг, 2083 мг, 2940 мг, 3807 мг, 4280 мг и 4872 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов кобальта варьирует от следового до 50 мг на кг сухого веса почв (количество ионов кобальта в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 1 мг, 7 мг, 10 мг, 13 мг, 20 мг, 25 мг, 30 мг, 40 мг и 50 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов никеля варьирует от следового до 250 мг на кг сухого веса почв (количество ионов никеля в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 1 мг, 2 мг, 3 мг, 4 мг, 8 мг, 9 мг, 10 мг, 11 мг, 13 мг, 14 мг, 15 мг, 16 мг, 17 мг, 18 мг, 20 мг, 23 мг, 24 мг, 25 мг, 26 мг, 27 мг, 29 мг, 30 мг, 32 мг и 250 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов меди варьирует от 18 до 290 мг на кг сухого веса почв (количество ионов меди в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 18 мг, 31 мг, 40 мг, 50 мг, 60 мг, 65 мг, 68 мг, 70 мг, 78 мг, 80 мг, 82 мг, 85 мг, 87 мг, 89 мг, 97 мг, 100 мг, 102 мг, 105 мг, 108 мг, 110 мг, 118 мг, 126 мг, 130 мг, 140 мг, 150 мг, 155 мг, 158 мг, 174 мг, 180 мг, 193 мг, 200 мг, 211 мг, 216 мг и 290 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов цин-



ка варьирует от 50 мг до 693 мг на кг сухого веса почв (количество ионов цинка в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 50 мг, 55 мг, 60 мг, 85 мг, 90 мг, 93 мг, 98 мг, 100 мг, 105 мг, 110 мг, 130 мг, 138 мг, 150 мг, 170 мг, 176 мг, 180 мг, 184 мг, 210 мг, 221 мг, 239 мг, 260 мг, 270 мг, 297 мг, 300 мг, 381 мг и 693 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов мышьяка варьирует от 4 мг до 23 мг на кг сухого веса почвы (количество ионов мышьяка в почве отдельных участков почвенного покрова следовое или измеряется 4 мг, 8 мг, 11 мг, 12 мг, 14 мг, 16 мг, 18 мг и 23 мг на кг сухого веса почвы); содержание ионов свинца варьирует от следового до 275 мг на кг сухого веса почв (количество ионов свинца в почве отдельных участков почвенного покрова следовое или измеряется 10 мг, 20 мг, 30 мг, 38 мг, 40 мг, 44 мг, 47 мг, 50 мг, 53 мг, 58 мг, 59 мг, 60 мг, 61 мг, 64 мг, 67 мг, 70 мг, 71 мг, 78 мг, 80 мг, 83 мг, 85 мг, 125 мг, 184 мг и 275 мг на кг сухого веса почв); содержание ионов стронция варьирует от следового до 200 мг на кг сухого веса почв (количество ионов стронция в почве отдельных участков почвенного покрова следовое или измеряется 3 мг, 9 мг, 12 мг, 15 мг, 17 мг, 100 мг, 150 мг, 200 мг на кг сухого веса почв);

2. Содержание полициклических ароматических углеводородов в почвенном покрове пространственно неравномерно, микромозаично и изменяется от следовых количеств до количеств, превышающих гигиенические нормы (содержание бенз(а)пирена варьирует от следовых количеств до 1909 мкг на кг сухого веса почв (количество бенз(а)пирена в почве отдельных участков почвенного покрова измеряется 0,03 мкг, 0,07 мкг, 0,1 мкг, 0,3 мкг, 0,4 мкг, 0,5 мкг, 0,7 мкг, 1,0 мкг, 1,6 мкг, 2,6 мкг, 10,8 мкг, 11,4 мкг, 12,3 мкг, 30,0 мкг, 34,3 мкг, 60,2 мкг, 121,7 мкг, 260,0 мкг, 261,3 мкг, 298,1 мкг, 338,0 мкг, 1104,1 мкг, 1908,9 мкг на кг сухого веса почв); содержание пирена, метилпирена, пирилена, антантрена, хризена и алкилхризена варьирует от следовых количеств до 100,0 мкг на кг сухого веса почв; содержание бенз(ghi)перилена, алкилнафталина, N-алкилакридона и 6-метил-3,4-бензфлуорантена варьирует от следового до превышающего 10,0 мкг на кг сухого веса почв; содержание нафталина и трифенилена варьирует от следового до 1,0 мкг на кг сухого веса почв; содержание углеводородов бензфлуорантеновой группы и бензольной группы варьирует от следового до 10,0 мкг на кг сухого веса почв; содержание хлороформенного битумоида варьирует от 0,0270% до 0,6620% (на отдельных участках почвенного покрова хлороформенный битумоид измеряется 0,0200%, 0,0237%, 0,0270%, 0,0400%, 0,0710%, 0,0760%, 0,0900%, 0,1020%, 0,1100%, 0,1300%, 0,1588%, 0,2380%, 0,2440%, 0,2500%, 0,2650%, 0,2700%, 0,3200%, 0,4400%, 0,5100%, 0,5300% и 0,6620%); содержание углеводородной фракции варьирует от 0,0032% до 0,1805% (в почве отдельных участков почвенного покрова углеводородная фракция измеряется 0,0032%, 0,0052%, 0,0062%, 0,0070%, 0,0072%, 0,0103%, 0,0158%, 0,0169%, 0,0176%, 0,0210%, 0,0249%, 0,0294%, 0,0319%, 0,0502%, 0,0525%, 0,0586%,

0,0909%, 0,1006%, 0,1325%, и 0,1805%);

3. Наибольшее содержание ионов тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов выявляется в местах, непосредственно связанных с производственной деятельностью, — у транспортных дорог, рельсовых путей, хранилищ строительных и иных отходов, у зданий и сооружений, и т.д.);

4. Изменения содержания ионов тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов по толщине почвенного покрова незначительны;

5. В местах, непосредственно связанных с производственной деятельностью, одновременно увеличение содержания ионов многих химических элементов и увеличение содержания полициклических ароматических углеводородов;

6. Превышение в почвенном покрове содержания ионов многих тяжелых металлов, а также и полициклических ароматических углеводородов над предельно допустимым позволяет оценивать сеть пространственно контактирующих участков, характеризующихся установленным превышением, как локальный антропогенный ореол рассеяния, способный при продолжении миграции потоков вещества дать начало локальной геохимической аномалии;

7. Содержание в почвенном покрове ионов ряда элементов, в частности, ионов кобальта, ванадия и мышьяка, значительно меньше содержания, которое соответствует предельно допустимым концентрациям, но на отдельных участках почвенного покрова оно приближается к такому содержанию;

8. Содержание в пыльце ели обыкновенной (на сухой вес) ионов хрома достигает 30,0 мкг/кг, ионов марганца — 38,0 мкг/кг, ионов железа — 15,0 мкг/кг, ионов никеля — 20,0 мкг/кг, ионов меди — 30,0 мкг/кг, ионов цинка — 7,0 мкг/кг, ионов свинца — 2,5 мкг/кг и ионов стронция 30,0 мкг/кг (содержание ионов хрома превышает санитарно-гигиеническую предельно-допустимую концентрацию, установленную для атмосферного воздуха и для почв);

9. В хвое сосны обыкновенной содержание (на сухой вес) ионов хрома варьирует от 0,31 мкг/кг до 0,51 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов хрома измеряется 0,31 мкг/кг, 0,38 мкг/кг, 0,41 мкг/кг, 0,45 мкг/кг и не на одном участке территории производственной зоны Станции оно не достигает 1,0 мкг/кг); содержание ионов марганца варьирует от 4,5 мкг/кг до 239 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов марганца измеряется 4,5 мкг/кг, 5,4 мкг/кг, 6,6 мкг/кг, 35,9 мкг/кг, 48,4 мкг/кг, 116,2 мкг/кг, 135,0 мкг/кг, 206,1 мкг/кг, 238,8 мкг/кг); содержание ионов железа варьирует от 40 мкг/кг до 500 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов железа измеряется 40 мкг/кг, 156 мкг/кг, 174 мкг/кг, 187 мкг/кг, 191 мкг/кг, 266 мкг/кг, 300 мкг/кг, 310 мкг/кг, 500 мкг/кг); содержание ионов кобальта варьирует от 0,39 мкг/кг до 0,50 мкг/кг, содержание ионов никеля варьирует от 0,43 мкг/кг до 4,50 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов никеля измеряется 0,43 мкг/кг, 0,44 мкг/кг,

0,53 мкг/кг, 0,61 мкг/кг, 0,83 мкг/кг, 1,20 мкг/кг, 1,40 мкг/кг, 1,48 мкг/кг, 1,95 мкг/кг, 4,50 мкг/кг), содержание ионов меди варьирует от незначительно не достигающего 1,0 мкг/кг до 4,14 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов меди измеряется 0,99 мкг/кг, 1,10 мкг/кг, 1,20 мкг/кг, 1,30 мкг/кг, 2,15 мкг/кг, 2,40 мкг/кг, 2,59 мкг/кг, 2,64 мкг/кг, 3,16 мкг/кг, 3,21 мкг/кг, 4,14 мкг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 10,0 мкг/кг до 30,0 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов цинка измеряется 10,0 мкг/кг, 10,3 мкг/кг, 11,1 мкг/кг, 15,4 мкг/кг, 16,0 мкг/кг, 16,6 мкг/кг, 19,0 мкг/кг, 21,1 мкг/кг, 21,7 мкг/кг, 22,5 мкг/кг, 22,9 мкг/кг); содержание ионов свинца варьирует от 0,20 мкг/кг до 1,00 мкг/кг (у отдельных особей сосны обыкновенной промежуточное содержание в хвое ионов свинца измеряется 0,21 мкг/кг, 0,50 мкг/кг, 0,53 мкг/кг, 0,60 мкг/кг, 0,65 мкг/кг, 0,67 мкг/кг, 0,69 мкг/кг, 0,76 мкг/кг, 0,95 мкг/кг); содержание ионов стронция варьирует от 6,0 мкг/кг до 40,0 мкг/кг (преимущественное содержание ионов стронция в хвое различных особей сосны обыкновенной — около 10,0 мкг/кг); содержание бенз(а)пирена варьирует от меньшего 0,01 мкг/кг до 4,36 мкг/кг, содержание пирена варьирует от 0,1 мкг/кг до 10,0 мкг/кг, содержание хризена и нафталина (выявленного у единичных особей) варьирует от 0,1 мкг/кг до 1,0 мкг/кг, содержание 2,3-бензфлуорантена (выявляемого у единичных особей) не превышает 0,1 мкг/кг, содержание N-алкилакридона варьирует от 1 мкг/кг до 100 мкг/кг;

10. В соцветиях одуванчика обыкновенного содержание (на сухой вес) ионов хрома достигает 4,0 мкг/кг, ионов марганца — 33 мкг/кг, ионов железа — 200,0 мкг/кг, ионов никеля — 3,0 мкг/кг, ионов меди — 10,0 мкг/кг, ионов цинка — 9,0 мкг/кг, ионов свинца — 44 мкг/кг, ионов стронция — 200,0 мкг/кг;

11. В листьях берез содержание (на сухой вес) ионов хрома достигает 0,5 мкг/кг, ионов марганца — 16,0 мкг/кг, ионов никеля 1,0 мкг/кг, ионов меди — 3,0 мкг/кг, ионов свинца — 2,5 мкг/кг; в древесине берез содержание (на сухой вес) ионов меди достигает 1,0 мкг/кг, ионов цинка — 11,5 мкг/кг, ионов свинца — 0,3 мкг/кг;

12. В листьях сивды отпрысковой (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 43,6 мкг/кг, содержание ионов марганца варьирует от 16,5 мкг/кг до 42,6 мкг/кг, содержание ионов железа варьирует от 117 мкг/кг до 483 мкг/кг, содержание ионов кобальта меньше 0,01 мкг/кг, содержание ионов меди варьирует от 2,77 мкг/кг до 23,50 мкг/кг, содержание ионов цинка достигает 27,8 мкг/кг, содержание ионов мышьяка меньше 0,01 мкг/кг; содержание ионов свинца варьирует от меньшего 0,01 мкг/кг до 2,26 мкг/кг, содержание ионов стронция варьирует от 59,4 мкг/кг до 128,4 мкг/кг; в плодах сивды отпрысковой (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 43,6 мкг/кг, ионов марганца — 8,2 мкг/кг, ионов меди — 2,66 мкг/кг, ионов свинца — 0,87 мкг/кг, ионов стронция — 32,2 мкг/кг;

13. В листьях ясеня высокого (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 31 мкг/кг, содержание ионов марганца варьирует от 26,0 мкг/кг до 40,0 мкг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточное содержание в листьях ионов марганца измеряется 26,6 мкг/кг, 33,9 мкг/кг,

кг, 35,0 мг/кг 39,2 мг/кг); содержание ионов железа варьирует от 110 мг/кг до 460 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов железа измеряется 118 мг/кг, 283 мг/кг, 433 мг/кг, 440 мг/кг); содержание ионов кобальта меньше 0,01 мг/кг; содержание ионов никеля варьирует от 1,70 мг/кг до 5,00 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов никеля измеряется 1,74 мг/кг, 1,84 мг/кг, 3,3 мг/кг, 4,8 мг/кг); содержание ионов меди варьирует от 21,0 мг/кг до 28,0 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов меди измеряется 21,48 мг/кг, 24,84 мг/кг, 25,00 мг/кг, 27,20 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 26,0 мг/кг до 31,0 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов цинка измеряется 26,5 мг/кг, 29,0 мг/кг, 30,9 мг/кг); содержание ионов мышьяка меньше 0,01 мг/кг; содержание ионов свинца варьирует от меньшего 0,01 мг/кг до 2,0 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов свинца измеряется 1,33 мг/кг, 1,60 мг/кг, 1,93 мг/кг); содержание ионов стронция варьирует от 19,0 мг/кг до 80,0 мг/кг (у отдельных особей ясеня высокого промежуточного содержание в листьях ионов стронция измеряется 44,0 мг/кг, 60,7 мг/кг, 76,7 мг/кг);

14. В листьях сирени венгерской (на сухой вес) содержание ионов хрома варьирует от 1,0 мг/кг до 5,5 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов хрома измеряется 1,1 мг/кг, 1,3 мг/кг, 1,5 мг/кг); содержание ионов марганца варьирует от 36,0 мг/кг до 82,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов марганца измеряется 50,0 мг/кг, 53,0 мг/кг, 81,6 мг/кг); содержание ионов железа варьирует от 10,0 мг/кг до 400,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов железа измеряется 90,0 мг/кг, 92,0 мг/кг, 205,0 мг/кг); содержание ионов кобальта меньше 0,01 мг/кг; содержание ионов никеля варьирует от 4,0 мг/кг до 9,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов никеля измеряется 4,4 мг/кг, 6,5 мг/кг, 8,6 мг/кг); содержание ионов меди варьирует от 8,0 мг/кг до 38 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов меди измеряется 8,3 мг/кг, 13,0 мг/кг, 17,0 мг/кг, 38,2 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 35,0 мг/кг до 75,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание в листьях ионов цинка измеряется 39,0 мг/кг, 47,0 мг/кг, 55,0 мг/кг, 71,0 мг/кг); содержание ионов мышьяка достигает 1,0 мг/кг; содержание ионов свинца достигает 2,0 мг/кг; содержание ионов стронция варьирует от 20,0 мг/кг до 37,0 мг/кг; в однолетних стеблях сирени венгерской (на сухой вес) содержание ионов хрома варьирует от 0,3 мг/кг до 0,5 мг/кг; содержание ионов марганца варьирует от 15,0 мг/кг до 35,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание ионов марганца в однолетних стеблях измеряется 19,0 мг/кг, 26,0 мг/кг, 33,0 мг/кг); содержание ионов железа варьирует от

200 мг/кг до 250 мг/кг; содержание ионов меди варьирует от 6,0 мг/кг до 10,0 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание ионов меди в однолетних стеблях измеряется 6,3 мг/кг, 8,0 мг/кг, 9,3 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 10 мг/кг до 80 мг/кг (у отдельных особей сирени венгерской промежуточное содержание ионов цинка в однолетних стеблях измеряется 11,0 мг/кг, 44,0 мг/кг, 77,0 мг/кг); содержание ионов свинца варьирует от 2,0 до 3,0 мг/кг; содержание ионов стронция варьирует от 60 мг/кг до 70 мг/кг;

15. В листьях сирени обыкновенной (на сухой вес) содержание ионов хрома варьирует от 2,0 мг/кг до 5,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов хрома измеряется 2,1 мг/кг, 2,5 мг/кг, 3,3 мг/кг, 3,5 мг/кг, 4,5 мг/кг); содержание ионов марганца варьирует от 8,0 мг/кг до 31,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов марганца измеряется 8,4 мг/кг, 16,0 мг/кг, 20,0 мг/кг, 21,0 мг/кг, 23,0 мг/кг, 30,0 мг/кг); содержание ионов железа варьирует от 80 мг/кг до 600 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов железа измеряется 250,0 мг/кг, 300,0 мг/кг, 313,0 мг/кг, 400,0 мг/кг); содержание ионов никеля варьирует от 1,0 мг/кг до 6,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов никеля измеряется 2,2 мг/кг, 2,7 мг/кг, 3,3 мг/кг, 3,7 мг/кг, 4,3 мг/кг, 5,7 мг/кг); содержание ионов меди варьирует от 8,8 мг/кг до 15,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов меди измеряется 8,9 мг/кг, 9,0 мг/кг, 9,2 мг/кг, 9,5 мг/кг, 11,0 мг/кг, 13,0 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 40 мг/кг до 200 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов цинка измеряется 43,0 мг/кг, 60,0 мг/кг, 70,0 мг/кг, 75,0 мг/кг, 84,0 мг/кг, 89,0 мг/кг); содержание ионов свинца варьирует от 1,0 до 3,5 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов свинца измеряется 1,1 мг/кг, 1,8 мг/кг, 2,0 мг/кг, 2,4 мг/кг, 2,5 мг/кг, 3,4 мг/кг); содержание ионов стронция варьирует от 10 мг/кг до 50 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в листьях ионов стронция измеряется 20,0 мг/кг, 25,0 мг/кг, 30,0 мг/кг); в однолетних стеблях сирени обыкновенной (на сухой вес) содержание ионов хрома варьирует от 0,5 мг/кг до 1,3 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов хрома измеряется 0,53 мг/кг, 0,60 мг/кг, 1,0 мг/кг, 1,1 мг/кг, 1,2 мг/кг); содержание ионов марганца варьирует от 7,5 мг/кг до 27,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов марганца измеряется 7,6 мг/кг, 13,0 мг/кг, 14,0 мг/кг, 16,0 мг/кг, 21,0 мг/кг, 25,0 мг/кг); содержание ионов железа варьирует от 30,0 мг/кг до 250 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов железа измеряется 100,0 мг/кг, 192,0 мг/кг, 200,0 мг/

кг, 240,0 мг/кг); содержание ионов никеля варьирует от 1,0 мг/кг до 3,5 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов никеля измеряется 1,1 мг/кг, 1,3 мг/кг, 1,8 мг/кг, 2,2 мг/кг, 2,8 мг/кг, 3,4 мг/кг); содержание ионов меди варьирует от 7,0 мг/кг до 13,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов меди измеряется 7,8 мг/кг, 8,2 мг/кг, 8,8 мг/кг, 9,0 мг/кг, 9,3 мг/кг, 9,4 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 9,0 мг/кг до 71,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов цинка измеряется 10,0 мг/кг, 14,0 мг/кг, 27,0 мг/кг, 30,0 мг/кг); содержание ионов свинца варьирует от 1,0 мг/кг до 3,5 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов свинца измеряется 1,3 мг/кг, 2,3 мг/кг, 2,4 мг/кг, 2,5 мг/кг, 3,0 мг/кг); содержание ионов стронция варьирует от 20,0 мг/кг до 50,0 мг/кг (у отдельных особей сирени обыкновенной промежуточное содержание в однолетних стеблях ионов стронция измеряется 30,0 мг/кг, 37,0 мг/кг, 40,0 мг/кг);

16. В листьях пузыреплодника калинолистного (на сухой вес) содержание ионов хрома варьирует от 0,2 мг/кг до 76,8 мг/кг, ионов марганца — от 5,3 мг/кг до 20,3 мг/кг, ионов железа — от 71,0 мг/кг до 236,0 мг/кг, ионов кобальта не превышает 0,01 мг/кг, ионов никеля варьирует от 5,3 мг/кг до 20,3 мг/кг, ионов меди — от 26,0 до 39,0 мг/кг, ионов цинка — от 26,0 мг/кг до 31,0 мг/кг, ионов мышьяка от 0,5 до 1,2 мг/кг; ионов свинца не превышает 0,01 мг/кг, ионов стронция варьирует от 25,0 мг/кг до 65,7 мг/кг;

17. В листьях шиповника морщинистого (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 10,6 мг/кг, марганца — 132,0 мг/кг, железа — 464,0 мг/кг, кобальта — 0,01 мг/кг, никеля — 2,6 мг/кг, меди — 39,0 мг/кг, цинка 37,0 мг/кг, мышьяка — 0,01 мг/кг, свинца — 0,01 мг/кг, стронция — 43,0 мг/кг;

18. В листьях осины (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 0,8 мг/кг, ионов марганца — 12,0 мг/кг, ионов меди 3,6 мг/кг, ионов цинка — 47,0 мг/кг, ионов свинца — 4,1 мг/кг; в древесине 1–2-летних стеблей осины (на сухой вес) содержание ионов марганца достигает 6,0 мг/кг, ионов никеля — 0,3 мг/кг, ионов меди — 0,7 мг/кг, ионов цинка — 5,9 мг/кг, ионов свинца — 1,4 мг/кг;

19. В листьях ив (на сухой вес) содержание ионов хрома достигает 0,6 мг/кг, содержание ионов марганца варьирует от 2,8 мг/кг до 23,0 мг/кг (у отдельных ив промежуточное содержание ионов марганца в листьях измеряется 11,7 мг/кг, 14,4 мг/кг, 20,0 мг/кг); содержание ионов никеля варьирует от 0,5 мг/кг до 2,5 мг/кг (у отдельных ив промежуточное содержание ионов никеля в листьях измеряется 0,9 мг/кг, 1,2 мг/кг, 1,4 мг/кг, 2,2 мг/кг); содержание ионов меди варьирует от 2,0 мг/кг до 8,0 мг/кг (у отдельных ив промежуточное содержание ионов меди измеряется 2,3 мг/кг, 5,4 мг/кг, 5,5 мг/кг, 5,9 мг/кг, 8,4 мг/кг); содержание ионов цинка варьирует от 37,0 мг/кг до 42,0 мг/кг, содержание ионов свинца варьирует от 0,7 мг/кг до 4,0 мг/кг (у отдельных ив промежуточное содержание

