

Организация комплексного экологического мониторинга в зоне воздействия завода СПГ на юге Сахалина

Побережная Т.М., Сабиров Р.Н., Копанина А.В., Ньюшко Т.И., Шахов И.М.

ВВЕДЕНИЕ

18 февраля 2009 года в районе поселка Пригородное на юге Сахалина в присутствии высокой комиссии, в том числе президента РФ Д.А. Медведева, был введен в эксплуатацию крупнейший в мире завод по сжижению природного газа (СПГ). Оборудование предприятия рассчитано на работу в течение 25 – 45 лет, мощность завода – 9,6 млн. тонн сжиженного газа в год. При этом 8% газа, поступающего по трубопроводу с месторождений северо-восточного шельфа Сахалина, будет сжигаться для внутреннего потребления предприятия. Согласно модельным расчетам суммарный валовой годовой выброс в атмосферу от сжигания газа не превысит 9887,9836 тонн [14]. Среди 26 наименований загрязняющих веществ основными загрязнителями являются CO_2 – 5565,9458 т/год, NO_2 – 1965,4974 т/год, SO_2 – 769,777 т/год, сажа – 553,7424 т/год.

В 2007 г., до начала эксплуатационных испытаний и запуска одного из четырех факелов, в ближайшем обрамлении завода – в километровой зоне были заложены площадки комплексного экологического мониторинга, на которых проведена оценка фоновое состояние почвенного и растительного покрова (рис. 1).

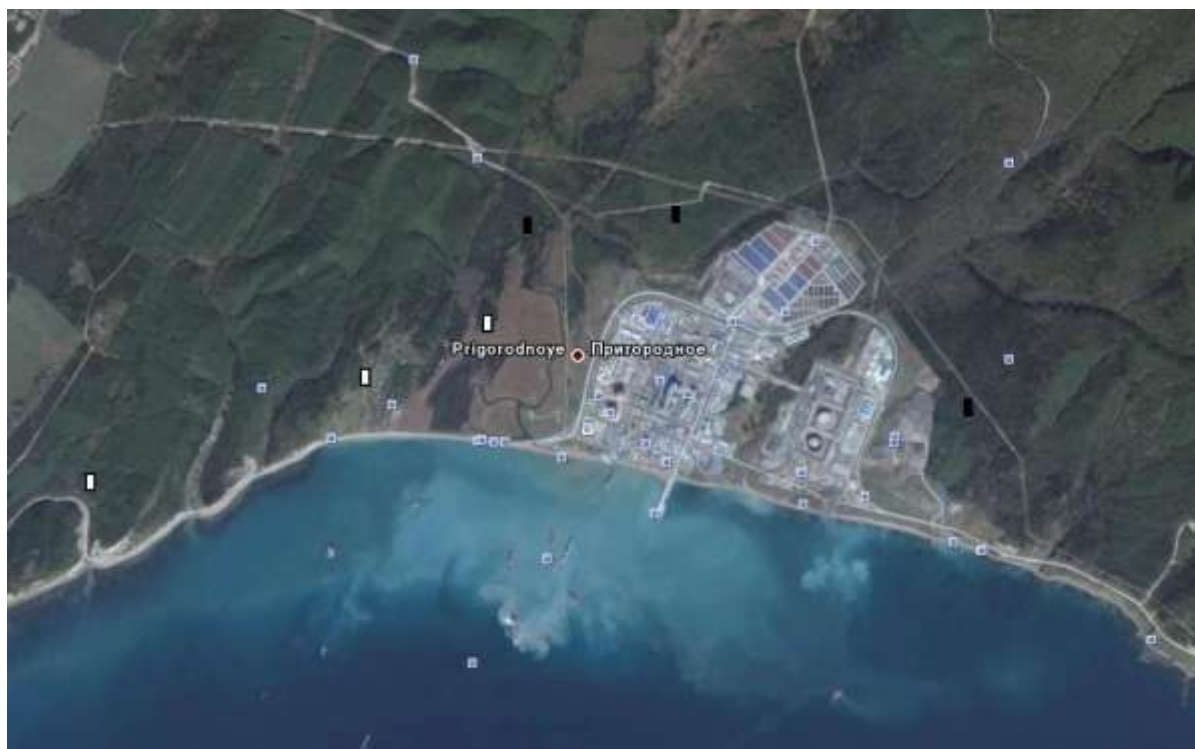


Рис. 1. Площадки комплексного экологического мониторинга в окрестностях завода СПГ: черные прямоугольники – постоянные пробные площади, белые прямоугольники – места опробования снежного покрова. Фото Google Earth, 2007 г.

При организации многолетних наблюдений за состоянием основных компонентов экосистем в зоне влияния выбросов завода мы исходили из предположения закисления атмосферных осадков в его ближайшем обрамлении. С одной стороны, наше предположение базировалось на большом количестве выбросов оксидов азота и серы при

эксплуатации завода, с другой стороны, на климатических особенностях района. К последним относится большое количество дней с туманами, морозящими дождями, характерных для весны и для первой половины лета на побережье Анивского залива. По хорошо изученному механизму образования кислотных осадков перечисленные выше оксиды неметаллов будут образовывать с капельками атмосферной влаги соответствующие кислоты. Таким образом, оксиды серы и азота, поступающие в атмосферу при сжигании природного газа, будут оказывать прямое и косвенное воздействие на окружающие экосистемы, прежде всего на фитоценозы. Прямое воздействие будет происходить при непосредственном контакте оксидов в газообразной и водорастворимой форме с органами растений, а косвенное – через изменение таких жизненно важных для растений почвенных свойств, как снижение рН, потеря элементов минерального питания [6].

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Для проверки принятой рабочей модели основного воздействия завода 30 марта 2009 г., через 1,5 месяца после его пуска был опробован снежный покров на расстоянии 800, 1500 и 3000 метров от завода (рис.2). По химическому составу снега можно косвенно оценить состояние атмосферного воздуха. В талой снеговой воде определялись основные катионы и анионы, рН, общая минерализация. Результаты химического анализа показывают изменения по многим параметрам по мере приближения к заводу (табл. 1). В первую очередь необходимо отметить увеличение кислотности в снежном покрове, что подтверждает наше предположение о скором проявлении основного воздействия завода на окружающую среду – ее закисления. Кроме этого, уже сейчас наблюдается увеличение общей минерализации осадков и содержания в них катионов натрия, калия, кальция, анионов хлора и сульфата.

Таблица 1

Химический состав снега (талой воды)

Расстояние от завода	рН	Общ. минер.	Na ⁺	K ⁺	NH ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	$\frac{NO_3}{NO_2^-}$	SiO ₂
3000 м	5,8	13	0,8	0,3	0,2	0,6	<0,2	0,4	<0,05	5,7	0,8	$\frac{\leq 0,1}{<0,01}$	0.3
1500 м	5,3	12	1,0	0,3	0,3	0,9	<0,2	0,1	<0,05	4,8	0,9	$\frac{\leq 0,1}{<0,01}$	0.2
800 м	5,2	23	3,5	0,7	0,2	1,6	<0,2	0,4	<0,05	11,0	2,4	$\frac{\leq 0,1}{<0,01}$	0.4

Примечание. Общая минерализация и содержания ионов в мг/л

Основой для организации системы экологического мониторинга послужили общепринятые геоботанические методы. К новым методическим подходам относятся используемые в комплексе с геоботаническими методы структурной ботаники и геохимии ландшафта.

Геоботанический мониторинг. Под мониторингом растительного покрова или геоботаническим мониторингом понимается целенаправленное, специальное длительное слежение за состоянием и изменениями флоры и растительности на заранее выбранных постоянных участках – пробных площадках. На них осуществляются непосредственные измерения различных параметров растительности и ее структурных составляющих. Решающее значение для достижения успеха мониторинговых исследований имеют точно произведенные первоначальные измерения, адекватные поставленным целям и задачам.

Выбор мониторинговых пробных площадок осуществлялся таким образом, чтобы максимально охватить все разнообразие растительного покрова, характерное для рассматриваемого района. В связи с доминированием вокруг завода СПГ лесной растительности, основные мониторинговые работы были проведены, прежде всего, в лесных сообществах. Леса характеризуемой территории, при геоботаническом районировании острова Сахалин, отнесены к подзоне темнохвойных лесов с преобладанием пихты [19]. Характерной чертой лесной растительности этой подзоны является значительное замещение типичных зеленомошных темнохвойных лесов папоротниковыми елово-пихтовыми лесами. Однако, леса района, в связи с многолетними промышленными рубками и другими антропогенными преобразованиями местных природных комплексов, в значительной степени трансформированы. Вследствие этого леса, расположенные в районе завода СПГ, представляют серийную растительность, находящуюся на различных стадиях восстановления.

При проведении полевых работ и, следовательно, при закладке постоянных пробных площадок для многолетнего мониторинга были использованы традиционные методы и приемы, широко применяемые в лесоведении, лесной таксации, геоботанике [2, 18], а также применены современные подходы и принципы фитоценологии [11,12].

На первом этапе исследований мониторинговые площадки были заложены в ближайшей к заводу зоне, а именно с его северной, восточной и северо-западной стороны. При этом были охвачены наиболее распространенные лесные формации, а размер пробной площади в них составлял 400 м² (20 x 20 м). Под пробные площадки подбирались типичные участки лесной растительности района, однородные по составу и структуре, с одинаковыми условиями экотопа, рельефа, экспозиции и т. д. Географические координаты, а также высота над уровнем моря мониторинговых пробных площадок определялись с использованием GPS приемников. На местности по четырем углам пробных площадок устанавливались столбики, для большей ориентации угловые деревья дополнительно маркировались в виде окрашенных колец.

Кроме этого, для достижения максимальной точности измерений и получения эталонных, сравниваемых данных при дальнейших мониторинговых исследованиях каждое дерево в лесных сообществах нумеровалось (рис.2). При камеральных работах по определению таксационных параметров деревьев и древостоев использовались имеющиеся региональные нормативные материалы и справочники [12].



Рис. 2. Маркировка деревьев на постоянных пробных площадках. Фото Сабирова Р. Н., 05.07.07

На мониторинговых площадках диаметр каждого пронумерованного дерева измерялся в двух взаимно-перпендикулярных направлениях с точностью до 0,5 см. Затем определялась высота всех деревьев, их возраст, место расположения, сомкнутость крон и сумма площадей сечений деревьев в древостое. Все необходимые измерения производились с помощью специальных приборов, применяемых в лесной таксации и при лесоустройстве. Состав древостоя устанавливался по 10-балльной шкале, в зависимости от доли участия каждой породы в общем запасе лесного насаждения. Затем проводился учет и общая характеристика естественного возобновления лесообразующих пород на пробной площади.

В общей сложности для проведения многолетних наблюдений на начальном этапе организации комплексного мониторинга было заложено 3 постоянные пробные площади (рис.2).

На каждой мониторинговой площадке производилось детальное геоботаническое описание растительности с указанием всех составляющих растений, встречаемости и обилия каждого вида по шкалам Друде и Браун-Бланке [21], а также общее проективное покрытие различных ярусов, их средняя высота, фенологическая фаза растений и т. д.. При этом трудно определяемые в полевых условиях или спорные виды растений гербаризировались. Окончательная видовая принадлежность растений устанавливалась по известным определителям [13, 17]. Особое значение при закладке мониторинговых пробных площадок придавалось выявлению полного видового состава всех ярусов растительных сообществ, включая ярус мхов.

Мохообразные (мхи и печеночники, Marchantiophyta и Bryophyta) – обособленная и древняя группа высших растений, имеющая сравнительно большое разнообразие и широкое распространение. Для фитоценозов бриофиты являются очень чувствительным компонентом, способным отражать даже небольшое изменение физико-химических условий среды, которые часто не проявляются на уровне сосудистых растений [4]. Бриофиты традиционно используются для исследования степени нарушенности мест, подвергающихся антропогенной нагрузке, например вырубкам или разработке нефтяных месторождений, для определения загрязнения среды тяжелыми металлами, атмосферными поллютантами, органическими веществами. Среди экологических групп мохообразных как индикатор атмосферного загрязнения чаще всего используют эпифиты из-за особенностей минерального питания и широкого спектра реакций на загрязнение.

Использование мохообразных в качестве биоиндикаторов позволило сформулировать ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проведении мониторинговых исследований мохового покрова [4]: 1) некоторая автономность мохообразных от окружающей растительности, в связи с тем, что общее видовое разнообразие бриофитов определяется в первую очередь разнообразием микроместообитаний (стволы деревьев, камни, гнилая древесина, почва и др.); 2) факторы определяющие видовое богатство бриофитов – широтно-зональное расположение территории обследования, климат, орография, принадлежность к флористическому району, история растительности, продолжительность существования местообитания после нарушений, способность видов мохообразных к расселению; 3) недостаточность метода учетных площадок для изучения разнообразия бриофитов. Кроме того, при изучении динамики и структуры мохового яруса необходим анализ форм роста. Считается, что именно биоморфологическое разнообразие является более важным с точки зрения функциональной структуры растительного покрова [8].

Нами при первичном обследовании пробных площадей, заложенных вокруг завода СПГ, был использован следующий комбинированный подход к описанию мохового покрова [8,10,4]:

1) максимально полный учет всех встречающихся в сообществе микроместообитаний, не только в пределах пробной площади, но и за ее границами;

2) детальное описание видового состава и оценка проективного покрытия и обилия для микроместообитаний;

- 3) принадлежность к эколого-фитоценотической группе, группе форм роста;
- 4) учет репродуктивного состояния видов.

Мониторинг по анатомии стебля древесных растений. Основной целью данного мониторинга является выявление реакции анатомической структуры разновозрастных стеблей древесных растений на загрязнение атмосферы выбросами завода СПГ. Предполагается установить количественные закономерности этой реакции, определить радиус зоны воздействия завода на древесную растительность, а также выявить наиболее чувствительные и устойчивые к атмосферному загрязнению виды. Исследование имеет большое значение для целей индикации состояния атмосферного воздуха.

Есть основания полагать, что использование методов и подходов экологической анатомии растений при проведении комплексного мониторинга весьма перспективно, особенно, при выявлении начальных изменений в структуре растений. Воздействие загрязненного атмосферного воздуха вызывает в организме растений структурно-функциональные изменения, отражающиеся на клеточном и тканевом уровнях. Результаты исследования ряда авторов [3,5,20] по изучению эколого-анатомических особенностей изменчивости стебля древесных растений, его отдельных гистологических комплексов и тканей при загрязнении атмосферы показали, что структурная реакция растений на атмосферное загрязнение носит не специфический характер и имеет определенное количественное выражение.

Для исследования были выбраны виды, наиболее распространенные на прилегающей к заводу территории: *Larix cajanderi* Mayr, *Abies sachalinensis* Fr. Schmidt, *Betula ermanii* Cham, *Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr. Для отбора образцов были выбраны деревья нескольких возрастных групп: 20-30 лет и 70-100 лет, без внешних повреждений и признаков грибных болезней. Образцы были отобраны в зоне, прилегающей к мониторинговым площадкам. При отборе учитывалась освещенность и увлажненность местообитания.

Образцы были обработаны по общепринятой в анатомии растений методике [15]. Фрагменты стеблей были взяты от приростов текущего и предыдущего годов, а также из стволовой части на высоте 130 см от уровня почвы и у корневой шейки на высоте 30-40 см. Фрагменты стеблей включали ткани коры, древесины и сердцевины. Образцы сразу фиксировались в смеси этилового спирта и глицерина (3:1). Приготовление временных и постоянных препаратов выполнено на санном микротоме с замораживающим столиком. Окрашивание срезов стеблей выполнено регрессивным методом индикаторными на отдельные ткани красителями. Микроскопическое исследование препаратов заключается в определении комплекса параметров тканей стебля, с последующим анализом качественных и статистической обработкой количественных показателей.

Предполагается выполнить измерение значительного количества параметров тканей коры, древесины и сердцевины, поскольку различные авторы указывают на довольно широкий спектр структурных признаков, отличающихся повышенной реактивностью. По мнению А.М. Луговского [7] это: общая ширина коры, ширина механического кольца, ширина луба и годичного слоя древесины, диаметр сосудов ранней древесины, число основных смоляных ходов, число и радиальный размер ситовидных клеток, радиальный размер трахеид и толщина их стенок, общее число флэмных лучей. В работе Т.В. Арсеньевой и Е.С. Чавчавадзе [3] указаны – толщина тангентальных стенок ранних и поздних трахеид, радиальные размеры ранних трахеид и ширина годичного прироста, особенно ранней его части. По нашему мнению, в условиях о.Сахалин заметную чувствительность к действию загрязнителей демонстрируют: толщина эпидермы, перидермы, вторичной флэмы, диаметр ксилемных сосудов, ширина коры, древесины, диаметр сердцевины и их соотношение [20].

В дальнейшем планируется заложить серию площадок в направлении, параллельном береговой линии: на расстоянии 0,5 км, 1 км, 1,5 км и 2 км от завода. Расположение серии площадок в указанном направлении позволит минимизировать влияние изменений природных факторов (температура, снабжение влагой). На площадках будет проводиться регулярный отбор – один раз в 3 года, после окончания периода вегетации. Сравнительный

анализ собранных образцов позволит установить дистанцию вредного воздействия выбросов. В случае, если параллельно с забором растительных образцов будет проводиться количественный анализ атмосферных загрязнений, можно будет установить безопасные для изучаемых растений концентрации загрязнителей.

Ландшафтно-геохимический мониторинг. В основу почвенно-геохимических полевых и камеральных работ положены методы, используемые при ландшафтно-геохимических исследованиях [1]. На каждой площадке экологического мониторинга в угловых точках с внешней стороны периметра проходились почвенные шурфы. Глубина шурфов определялась появлением воды или почвообразующей породы. Методика отбора образцов на комплексный анализ заключалась в отборе пробы из каждого генетического горизонта по вертикали почвенного профиля. Всего отобрано 30 почвенных образцов, по 10 на каждой площадке экологического мониторинга.

Образцы анализировались в аккредитованной Госстандартом испытательной лаборатории ДВ ФГУ НПП «Росгеолфонда» в г. Южно-Сахалинске. При анализе почвенных образцов использовались следующие методики: спектрографическое определение массовой доли 37 элементов на спектрографе СТЭ-1 и ИСП-30; определение подвижных форм тяжелых металлов в ацетатно-аммонийном буферном растворе на атомно-абсорбционном спектрофотометре типа ААС-3. Такая вытяжка из почв включает наиболее мобильные в гипергенных условиях соединения элементов, которые способны мигрировать в ландшафте в составе природных растворов. Подвижность тяжелых металлов в почвах зависит от кислотно-щелочных условий, которые будут меняться в сторону закисления вследствие загрязнения атмосферы выбросами оксидов серы и азота при сжигании природного газа в ходе эксплуатации завода СПГ. В связи с этим, по нашему мнению, именно содержания подвижных форм металлов в почвах быстрее всего будут меняться под воздействием выбросов завода. Весьма информативным при этом виде воздействия на окружающую природную среду является так же такой параметр почвы, как ее солевой состав. Для его определения в почвенных образцах проводился химический анализ водной вытяжки на содержание катионов натрия, калия, кальция, магния и анионов хлора, бикарбоната, сульфата. Определялся так же рН водной вытяжки, общая минерализация. На основе полученных аналитических данных для почвенных разрезов на каждой площадке построен фоновый солевой профиль. Приведенные выше данные по изменению рН и катионно-анионного состава снежного покрова в обрамлении завода в течение одного не полного сезона его эксплуатации позволяют предположить, что солевой состав почв будет меняться быстрее, чем другие параметры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация научно обоснованного комплексного экологического мониторинга в зоне воздействия промышленного объекта до начала его эксплуатации позволит с большей достоверностью выявить и оценить неизбежные изменения в окружающих экосистемах. На первом этапе организации многолетних наблюдений были заложены 3 мониторинговые площадки в километровой зоне с северной, восточной и северо-западной стороны от завода СПГ. Комплекс методов наблюдений за состоянием прилегающих фитоценозов и почв определялся, исходя из предположения, что основное воздействие на экосистемы будет осуществляться через закисление окружающей природной среды в процессе эксплуатации завода.

До начала пусконаладочных работ в пределах пробных площадок проведена оценка фоновое состояние растительного и почвенного покрова. При этом были охвачены наиболее распространенные в данном районе лесные формации и сообщества: зеленомошный елово-пихтовый лес, мелкотравный лиственнично-еловый и мертвопокровный пихтово-еловый лес. На пробных площадках определен видовой состав и структура растительного покрова, инструментально измерены морфометрические параметры каждого дерева. Древостой в целом не нарушен, отсутствуют следы пожаров и рубок, за исключением следов прошлых рубок главного пользования.

Мохообразные весьма чувствительны к загрязнению и поэтому стали отдельным объектом наших исследований. Обследованные биотопы различаются по экологическим условиям, и, соответственно, по видовому составу и структуре мохового яруса. В целом, выявление на площадках развитого эпифитного мохового покрова позволит эффективно диагностировать атмосферное загрязнение. Важным для последующих наблюдений является так же обнаружение биоиндикаторов – видов наиболее чувствительных к изменениям среды. Это печеночники: *Mylia verrucosa* Lindb., характерный для малонарушенных лесных сообществ темнохвойных лесов, и *Ptilidium pulcherrimum* (G. Weber) Vainio, чувствительный к загрязнению воздуха.

В окрестностях завода СПГ рядом с пробными площадками проведено комплексное изучение анатомической структуры стеблей древесных растений из различных систематических групп. Растения имеют полную жизненность, морфоструктурных нарушений скелетных осей не имеют, генеративные побеги нормально развиты. Результаты изучения структурных особенностей изменчивости разновозрастных стеблей древесных растений под воздействием загрязнения атмосферы в районе завода позволят выявить изменение количественных параметров тканей коры и древесины, которые могут быть использованы в целях фитоиндикации состояния атмосферного воздуха.

Установлено, что на заложенных для многолетних наблюдений пробных площадках почвенный покров различается по типу (торфянистые, бурые лесные глееватые, бурые лесные оподзоленные почвы) и фоновому солевому составу. Почвы исследованных площадок отличаются так же содержаниями микроэлементов в валовой и подвижной форме. Чтобы не сделать ложных выводов о техногенном загрязнении, особое внимание при мониторинговых наблюдениях за микроэлементным составом почв следует обратить на площадку, расположенную с восточной стороны завода. Почвы этой площадки в целом характеризуются повышенным геохимическим фоном большинства микроэлементов по сравнению с другими эталонными площадками. В гумусовом горизонте обнаружены аномально высокие для изученных почв содержания висмута – $0.05 \cdot 10^{-3} \%$, цинка – $20 \cdot 10^{-3} \%$ и серебра – $0.1 \cdot 10^{-3} \%$. Очевидно, эти геохимические аномалии связаны с особенностями состава материнских пород на этом участке, обломки которых имеют видимые следы гидротермального изменения, в частности, гематитизацию по зеркалам скольжения и др.

Организация экологического мониторинга предполагает многолетние систематические наблюдения за изменениями выбранных объектов исследования. Периодичность наблюдений, на наш взгляд, зависит от быстроты реагирования того или иного параметра экосистемы на воздействие завода СПГ, в первую очередь на загрязнение атмосферного воздуха и закисление среды. Последнее, исходя из данных, полученных по изменению состава снега в окрестностях завода в первые месяцы его эксплуатации, проявится весьма скоро. В связи с этим, мы планируем провести повторные наблюдения солевого состава почв и анатомического строения стеблей древесных растений через три года с начала эксплуатации завода, а остальных параметров почв и фитоценозов – через пять лет. При наличии финансовых средств будут заложены площадки комплексного экологического мониторинга и проведена оценка фонового состояния наблюдаемых компонентов экосистем в 5-километровом радиусе от завода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Недра, 1990. 142 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-сть, 1977. 512 с.
3. Арсеньева Т.В., Чавчавадзе Е.С. Эколого-анатомические аспекты изменчивости древесины сосновых из промышленных районов европейского Севера. СПб.: Наука, 2001. 109 с.
4. Баишева Э.З. Разнообразие мохообразных естественных экосистем: подходы к изучению и особенности охраны // Успехи современной биологии. 2007. № 3. Т. 127. С. 316-333.
5. Еремин В.М., Шахов И.М. Влияние загрязнения воздуха на структуру стебля рябины смешанной // Сахалинский гос. ун-т., Южно-Сахалинск, 2006. 10 с. ДЕП. в ВИНТИ 31.07.2006, №1026-B2006

6. Копчик С.В., Копчик Г.Н., Алябина И.О. Оценка риска избыточного поступления соединений серы в наземные экосистемы Кольского полуострова // Экология, 2008, № 5. С. 344 – 356.
7. Луговской А.М. Анатомические изменения стебля сосны обыкновенной и дуба черешчатого при загрязнении атмосферы. Диссертационная работа на соискание степени канд. биол. наук. Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 1992. С. 90-91
8. Малышева Т.В. Вопросы изучения структуры и динамики мохового покрова в лесных сообществах//Проблемы бриологии в СССР. Л.: Наука, 1989. С.150-156.
9. Мелехов И. С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 408 с.
10. Методы изучения лесных сообществ. СПб: НИИХимииСПбГУ. 2002. 240 с.
11. Миркин Б. М., Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы. М.: Наука, 1978. 212с.
12. Нормативные материалы для таксации лесов Сахалина и Камчатки. Южно-Сахалинск: ДальНИИЛХ, 1986. 814 с.
13. Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов. // Д. П. Воробьев, В. Н. Ворошилов, Н. Н. Гурзенков, Ю. А. Доронина, Е. М. Егорова, Т. И. Нечаева, Н. С. Пробатова, А. И. Толмачев, А. М. Черняева. Л.: Наука, 1974. 372 с.
14. Повторное экспертно-гигиеническое заключение № 5/ЭКЗ – 2/02 НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН.
15. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: Высшая школа, 1960. 130 с.
16. Работнов Т. А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.
17. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л. (СПб): Наука, 1985. Т. 1. 398 с.; 1987. Т. 2. 446 с.; 1988. Т. 3. 421 с.; 1989. Т. 4. 380 с.; 1991. Т. 5. 390 с.; 1992. Т. 6. 428 с.; 1995. Т. 7. 395 с.; 1996. Т. 8. 383 с.
18. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
19. Толмачев А. И. Геоботаническое районирование острова Сахалин. М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 80 с.
20. Шахов И.М. Структурная реакция на загрязнение атмосферного воздуха ивы козьей (*Salix caprea* L.) сем. *Salicaceae* // Биоморфоологические исследования в современной ботанике: Мат-лы межд. конф. (Владивосток, 18-21 сентября, 2007). Владивосток, 2007, С. 476-478.
21. Braun-Bllanquet J. Pflanzensoziologie. Wien, 1964. 865 p.

Побережная Татьяна Михайловна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией островных экологических проблем, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки 1-Б, ptm@imgg.ru, тел. 8(4242)791689

Копанина Анна Владимировна, кандидат биологических наук, ученый секретарь, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки 1-Б, avk@imgg.ru, тел. 8(4242)793099

Сабиров Ринат Нигматзянович, научный сотрудник, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки 1-Б, renat@imgg.ru.

Нюшко Татьяна Игоревна, младший научный сотрудник, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки 1-Б, tanch@imgg.ru.

Шахов Иван Михайлович, лаборант-исследователь, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки 1-Б.