

УДК 504.064:504.05 (99)

С. В. КАКАРЕКА, С. В. САЛИВОНЧИК

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ AERMOD ДЛЯ РАСЧЕТА РАССЕЙНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Описаны основные характеристики дисперсионной модели AERMOD, состав входной информации, показаны возможности AERMOD в сравнении с используемыми моделями. Приведены результаты расчета рассеяния диоксида азота от стационарных источников на планируемой Белорусской антарктической станции, выполнено сравнение расчетных концентраций различных периодов осреднения с экологическими нормативами и результатами, полученными для других антарктических станций.

Ключевые слова: выбросы, модель рассеяния, AERMOD, Белорусская антарктическая станция, стационарный источник, оценка воздействия на окружающую среду.

We outline the main characteristics of the AERMOD dispersion model and the composition of input data as well as demonstrating the capabilities of AERMOD in comparison with the currently used models. Results from calculating the dispersion of nitrogen dioxide from stationary sources at the planned Belarusian Antarctic station are presented. A comparison is made of the calculated concentrations for different periods of averaging with environmental standards and results obtained for the other Antarctic stations.

Keywords: emissions, dispersion model, AERMOD, Belarusian Antarctic station, stationary source, environmental impact assessment.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Загрязнение атмосферного воздуха, обусловленное интенсивной техногенной деятельностью человека, — одна из важнейших экологических проблем. Поступление в воздушный бассейн большого количества химических веществ негативно сказывается на функционировании природных комплексов и здоровье человека. Поэтому неременным этапом, предворяющим строительство любого объекта, является оценка воздействия на атмосферный воздух (составная часть оценки воздействия на окружающую среду).

Строительство Белорусской антарктической станции (БАС) планируется на восточном склоне горы Вечерняя, в 20 км восточнее ст. Молодежная и рядом с полевой базой «Гора Вечерняя» Российской антарктической экспедиции (67°39' ю. ш., 46°09' в. д.) (рис. 1). Это возвышенный район в западной части Земли Эндерби на Холмах Тала, в прибрежной зоне залива Алашеева моря Космонавтов, представляющий собой ряд скалистых гряд (доминирующая высота — гора Вечерняя, 272 м) и несколько более низких гряд, вытянутых с северо-запада на юго-восток практически параллельно береговой линии¹. Северо-восточные склоны гряд крутые и короткие, местами обрывистые, юго-западные — пологие. Залив Алашеева в этом месте вдается в сушу бухтами Вечерняя, Лазурная, Терпения и Заря, которые разделены мысами Рог, Гнездовой и Доступный. Восточной границей района можно принять выводной ледник Хейса. К югу расположен постепенно повышающийся склон ледникового купола Антарктиды.

Почвенный покров сформирован лишь фрагментарно в местах, не перекрытых ледниками, там, где есть условия для накопления рыхлого материала коллювиального и флювиогляциального происхождения — преимущественно в понижениях склонов и ложбинах. Преобладают растительные сообщества эпилитных накипных лишайников; в местах с постоянным достаточным увлажнением и рыхлым субстратом формируются мохово-лишайниковые сообщества. Рядом с площадкой планируемого строительства БАС выявлена экосистема, представленная сомкнутым сообществом лишайников,

¹ Информация о характере природной среды горы Вечерняя и источниках воздействия на окружающую среду предоставлена начальником Белорусской антарктической экспедиции А. А. Гайдашовым и участником экспедиции Ю. Г. Гигиняком.

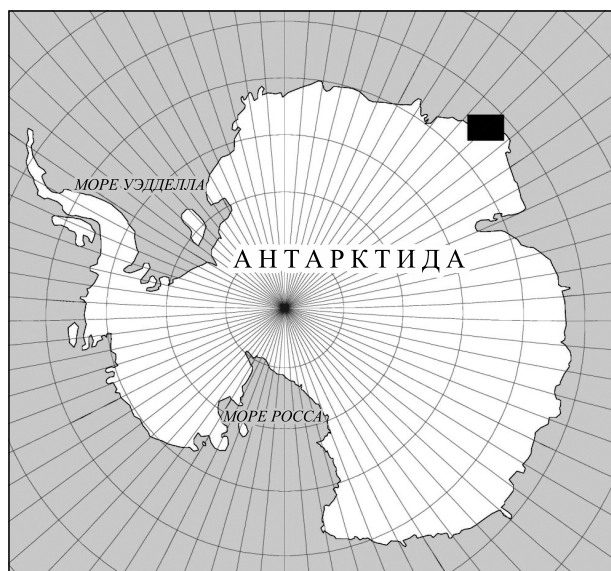


Рис. 1. Район планируемого размещения Белорусской антарктической станции.

мхов и наземных водорослей, которая в настоящей статье рассматривается в качестве одного из рецепторов. В районе горы Вечерняя обнаружено более 20 временных и постоянных озер, самое большое из которых — оз. Нижнее (0,015 км²).

Особенности циркуляции атмосферы в изучаемом районе обусловлены взаимодействием антарктического континентального антициклона, кольцевого пояса низкого атмосферного давления и субтропического кольцевого пояса высокого атмосферного давления. Летний максимум температур отмечается в январе (−0,7 °С), зимний минимум — в августе (−18,8 °С). Преобладают ветры от восточно-северо-восточного до юго-юго-восточного направлений, характеризующиеся

высокими скоростями; их повторяемость за год составляет 85,7 %. Наименьшие среднемесячные скорости отмечаются в январе (5,8 м/с), наибольшие — в марте (14,5 м/с). Штилевая погода бывает редко и регистрируется, как правило, в короткие периоды смены погоды основных типов.

Оценка воздействия на окружающую среду в связи с планируемым строительством станции проводится в соответствии с требованиями Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике 1991 г. Составной частью этой работы стал расчет распределения концентраций различных загрязнителей от источников выбросов на станции в приземном слое воздуха.

На первом этапе выполнялся выбор методики оценки. Используемые в настоящее время модели, основанные на методологии ОНД-86 (унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог»), позволяют оценить лишь максимальные разовые нормированные по ПДК приземные концентрации (20-минутного осреднения) для опасных скоростей ветра заданной обеспеченности для каждого источника и их совокупности, учитывая особенности застройки [1, 2].

Основную роль в рассеянии загрязняющих веществ играют поле ветра в приземном слое, его распределение по высоте, изменчивость и другие метеопараметры. Однако в ОНД-86 метеорологические условия задаются лишь в самом общем виде. Отсутствует возможность получить поля концентраций с разным временным осреднением (помимо 20-минутного), дать оценку повторяемости тех или иных концентраций, в том числе превышающих нормативную, определить ущерб для здоровья человека и природной среды.

Система нормирования выбросов на основе 20-минутных разовых концентраций сложилась более 40 лет назад и основывается на ручном пробоотборе и определении максимальных разовых концентраций указанного осреднения. В настоящее время используются возможности автоматического мониторинга, позволяющего получить значения концентраций осреднения самого разного уровня. Все больше внимания уделяется нормированию концентраций продолжительных периодов осреднения — часового, 8-часового, суточного, годового, что рекомендовано ВОЗ [3]. В связи с этим применяемые модели рассеяния должны позволять оценивать концентрации с такими периодами осреднения.

Модели переноса и рассеяния подразделяются по охватываемому масштабу на локальные (разрешение 1–100 м, охват — территории до 1 км), региональные (разрешение 10–50 км, охват — территории континентов) и глобальные (охватывают планету в целом). По области применения выделяются регуляторные модели (для нормирования выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников), городские, модели для дорожной сети и др. Отдельно существуют модели химических трансформаций загрязняющих веществ. Скрининговую группу образуют регуляторные модели, которые используются для оценки рассеяния примеси от единичных источников [4].

Характерные особенности регуляторных моделей: расчет рассеяния в интервале 0–50 км от источника, отсутствие учета химических трансформаций загрязняющих веществ и, как правило, осаждения. Данные модели позволяют оценить приземные концентрации для заданного поля ветра с различным временным осреднением. По используемому базисному аппарату они подразделяются на модели «ящика» (box-модели), гауссовы, лагранжевы, эйлеровы, модели плотных газов.

В ряду гауссовых дисперсионных моделей наиболее известна AERMOD, разработанная на базе серии моделей ISC при сотрудничестве Агентства по охране окружающей среды США, Американского метеорологического общества (AMS USA), компании Lakes Environmental (Канада) и BREEZE (США). В 2000 г. Агентство по охране окружающей среды США предложило использовать ее в качестве предпочтительной модели при проведении оценки воздействий источников выбросов на окружающую среду, а с декабря 2006 г. она принята в качестве нормативной. В настоящее время эта модель применяется не только в США, но и в других странах мира (Великобритания, Австралия и др.).

AERMOD относится к серии гауссовых моделей, алгоритмы которых широко используются в моделировании дисперсии атмосферных поллютантов. Расчеты в AERMOD базируются на представлении о рассеивании концентрации вещества в пространстве в соответствии с распределением Гаусса и описываются обобщенным уравнением дисперсии для шлейфа от непрерывного точечного источника.

Входными параметрами модели AERMOD являются количественные характеристики источников выбросов, почасовые метеорологические данные (более 30 параметров), характеристики подстилающей поверхности, данные о рельефе местности.

В состав AERMOD входят несколько препроцессоров предварительной обработки данных: AERMET — для получения метеорологических данных требуемого формата, AERSURFACE — для подготовки и расчета характеристик подстилающей поверхности (шероховатости, альbedo и отношения Боуэна) и AERMAP — для обработки данных о рельефе местности.

Шаг расчета модели — 1 ч с возможностью осреднения для временных интервалов 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 ч, месяц, год. Имеется возможность расчета дисперсии загрязняющих веществ от стационарных источников разного типа: точечных, линейных, площадных, объемных. Предусмотрена возможность задания единичных рецепторных объектов или регулярной и нерегулярной сети рецепторов в полярных или декартовых координатах.

Модель AERMOD предназначена для оценки рассеяния выбросов воздушных поллютантов на расстоянии до 50 км при различных метеорологических условиях и для установления нормативов выбросов загрязняющих веществ.

После проведенного анализа выбор был сделан в пользу данной модели как соответствующей поставленной задаче.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Целью работы являлась апробация модели AERMOD для получения краткосрочного прогноза максимально возможных и средних концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха на месте предполагаемого строительства БАС и прилегающей к ней территории, а также сопоставление полученных данных с гигиеническими и экологическими нормативами. Значения концентраций поллютантов оценивались для периодов осреднения: час, сутки, месяц и год.

Для реализации поставленной задачи выполнено параметрическое описание источников поступления загрязняющих веществ, оценены выбросы основных загрязняющих веществ, собрана метеорологическая информация, на основе которой сформированы файлы метеоданных, выбраны и количественно описаны объекты воздействия (рецепторы), получена цифровая модель местности, проведены расчеты и выполнен их анализ.

Источники воздействия. При функционировании БАС основными стационарными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу будут дизель-генераторы и установка сжигания бытовых отходов. На летней полевой базе «Гора Вечерняя» уже установлены два дизель-генератора мощностью 60 и 20 кВА: ДГ-60 АД48С-Т400-2РП и ДГ-20 АД16-Т400-2РП, которые во время функционирования базы — в теплый период — работают попеременно (база в последние годы использовалась как сезонная). Предполагается, что эти дизель-генераторы будут использоваться и на первом этапе функционирования БАС. На следующем этапе строительства (после 2018 г.) планируется установка двух дизель-генераторов ДГ-100 АДС мощностью 100 кВА и инсинератора КТО-50.К20 [5].

Эксплуатационные характеристики дизель-генераторов взяты из технических паспортов и данных производителей, инсинератора КТО-50.К20 — на основании характеристик объектов-аналогов. Расчет выбросов загрязняющих веществ от дизель-генераторов выполнен согласно [6], от инсинератора — на основе удельных показателей выбросов из Руководства по инвентаризации выбросов [7]; использовался подход Tier 1. Оценены выбросы диоксидов азота и серы, оксида углерода, сажи (как тонкодисперсных частиц ВЧ10) и углеводородов (табл. 1).

Характеристика основных стационарных источников выбросов на проектируемой Белорусской антарктической станции

| Параметр | ДГ-20 АД16-Т400-2РП | ДГ-60 АД48С-Т400-2РП | ДГ-100 АДС | Инсинератор КТО-50.К20 |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|
| Высота трубы, м | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 9,0 |
| Диаметр трубы, см | 5 | 8 | 8 | 30 |
| Объем отх. газов, м ³ /мин | 9,0 | 12,0 | 16,4 | 50,9 |
| Скорость отх. газов, м/с | 76,4 | 39,8 | 54,4 | 12,0 |
| Температура отх. газов, °С | 250,0 | 350,0 | 478,0 | 473,1 |
| Максимальный выброс, г/с: | | | | |
| NO ₂ | 0,060 | 0,156 | 0,283 | 0,025 |
| SO ₂ | 0,006 | 0,016 | 0,030 | 0,0056 |
| CO | 0,042 | 0,109 | 0,197 | 0,0097 |
| ВЧ10 | 0,004 | 0,011 | 0,020 | 0,0032 |

Объекты и предмет исследования. В качестве объектов воздействия рассматривалась регулярная рецепторная сеть и ключевые объекты.

Сеть рецепторных объектов построена в системе прямоугольных декартовых координат и охватывает территорию размером 3000 × 1800 м с шагом 20 м и центром вблизи места расположения основных стационарных источников выброса загрязняющих веществ – сблокированных дизель-генераторов. Число узлов сетки составило 13 500.

Ключевыми объектами воздействия определены места расположения будущих лабораторно-жилых модулей и участок (биоценоз), который планируется к охране. Данный участок находится на удалении 20–30 м от юго-восточной границы будущей площадки БАС и представляет собой, как отмечено выше, экосистему, образованную сообществом лишайников, мхов и наземных водорослей. Прогноз содержания воздушных примесей в этом месте имеет большое значение для предупреждения повреждения биоценоза с учетом требований Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

Для объектов регулярной рецепторной сети рассчитывались лишь максимально возможные концентрации загрязняющих веществ для разных периодов осреднения. Для ключевых объектов получены максимальные и средние значения концентраций для всех периодов осреднения. Оценивалась дисперсия следующих поллютантов: диоксидов азота и серы, оксида углерода (II), сажи (как тонкодисперсных частиц ВЧ10) и углеводородов. Наиболее высокими по гигиеническим нормативам оказались концентрации диоксида азота в приземном слое воздуха, поэтому далее мы рассматриваем результаты расчета концентрации диоксида азота как основного загрязняющего вещества. Расчетные максимальные уровни содержания других веществ существенно ниже гигиенических и экологических нормативов во всех расчетных точках, а пространственная структура ореолов их рассеяния схожа со структурой концентраций диоксида азота.

Сценарии расчета. Определены два сценария для расчета концентраций воздушных поллютантов, обусловленные возможным сочетанием стационарных источников загрязнения.

Первый сценарий отражает ситуацию, сложившуюся на текущий момент: на станции функционируют два дизель-генератора ДГ-60 АД48С-Т400-2РП и ДГ-20 АД16-Т400-2РП. Генераторы работают попеременно, но основная часть нагрузки приходится на более мощный ДГ-60. Поэтому в первый сценарий были заложены следующие условия: дизель генератор ДГ-60 АД48С-Т400-2РП работает ежедневно и непрерывно на 100 % мощности на протяжении теплого сезона с декабря по март.

Второй сценарий разработан для планируемой ситуации, когда на строящейся станции будут установлены два дизель-генератора ДГ-100 АДС мощностью 100 кВА и инсинератор КТО-50.К20. Предполагается, что в любой момент времени функционирует один из двух генераторов, а установка по сжиганию бытовых отходов эксплуатируется один день в неделю. Таким образом, параметры второго сценария определялись следующими условиями: дизель генератор ДГ-100 АДС работает ежедневно и непрерывно на 100 % мощности, инсинератор КТО-50.К20 функционирует один день в неделю (пятница) на 100 % мощности на протяжении календарного года.

Метеорологические данные. Исходной информацией для модели AERMOD являются ежечасные данные метеорологических наблюдений, сформированные в два файла: SFC-файл (Surface data) с

данными наземных наблюдений и параметрами пограничного слоя атмосферы и PFL-файл (Profile) с вертикальными профильными характеристиками скорости ветра, температуры, градиента температуры и параметрами турбулентности [8].

Формирование этих файлов выполнено с помощью препроцессора AERMET на основе данных наземных наблюдений, утреннего вертикального зондирования и характеристик подстилающей поверхности территории исследования [9]. Используются результаты наземных наблюдений российской антарктической станции Молодежная (индекс ВМО 895420) и данные вертикального зондирования слоев атмосферы японской антарктической станции Syowa (индекс ВМО 895320).

Для расчетов выбраны наиболее полные ряды наблюдений последних лет работы станции Молодежная (законсервирована в 1999 г.). По первому сценарию это данные теплого сезона 1994–1995 гг., по второму сценарию — 1994 г. В процессе анализа имеющейся метеорологической информации и выбора рядов учтено, что Агентство по охране окружающей среды США допускает использование однолетних рядов наблюдений и что погрешность рядов станции Молодежная вследствие климатической изменчивости будет меньше, чем современных рядов более удаленной станции Syowa.

Для получения характеристик поверхности территории — среднегодового показателя шероховатости поверхности, коэффициента диффузного отражения (альbedo) и коэффициента Боуэна — использован метод ближней зоны, предложенный в [10]. На основе ландшафтной карты по нескольким секторам в радиусе 1 км с заданными направлениями определен характер покрытия территории по классификации NLCD92 [11]. Результирующие значения альbedo, коэффициента Боуэна и коэффициента шероховатости для каждого из секторов определены по количественным соотношениям классов поверхностей и характеристикам классов.

Цифровая модель рельефа района размещения БАС получена на основе гипсометрического слоя топографической карты м-ба 1:25 000. При помощи ГИС ArcView 3.2 этот слой информации векторизован, выполнена его растеризация и конвертация в файл стандарта USGS DEM [12]. Ввиду многочисленности рецепторов для обработки данных о рельефе местности использован предусмотренный для этих целей препроцессор AERMAP, с помощью которого получены характеристики высот для источников воздействия, ключевых объектов и узлов рецепторной сети.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сценарий 1. Результаты расчета рассеяния загрязняющих веществ по сценарию 1 показали, что при самых неблагоприятных погодных условиях (небольшая высота конвективного слоя перемешивания, инверсионный температурный градиент, малые скорости ветра) функционирование дизель-генератора ДГ-60 не приведет к превышению нормативов качества атмосферного воздуха на рецепторных объектах ни по одному из загрязняющих веществ (табл. 2, 3).

В пределах территории, прилегающей к источнику загрязнения, *максимальные среднечасовые* концентрации загрязняющих веществ, согласно расчетам, могут регистрироваться на расстоянии 110–130 м к юго-юго-западу от места расположения дизель-генератора. Для всех поллютантов, кроме диоксида азота, их максимальные значения не будут превышать предельно допустимых разовых концентраций. В пунктах максимального прироста значения концентраций диоксида азота превышают ПДК м. р., однако это отклонение локализовано (рис. 2, а), отмечается в четырех узлах расчетной сети, и его повторяемость невысока. Превышения могут наблюдаться от 2 до 14 ч на протяжении года. В пункте максимального прироста 98 процентиль среднечасовой концентрации диоксида азота составляет 207,3 мкг/м³, что ниже максимальных разовых ПДК.

Таблица 2
Нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

| Поллютант | Период осреднения | | | | Год |
|--|-------------------|-----|--------|------|-----|
| | 20 мин | 1 ч | 8 ч | 24 ч | |
| <i>Гигиенические нормативы, мкг/м³ [13]</i> | | | | | |
| Диоксид азота | 250 | — | — | 100 | 40 |
| Диоксид серы | 500 | — | — | 200 | 50 |
| ВЧ10 | 150 | — | — | 50 | 40 |
| Оксид углерода | 5000 | — | — | 3000 | 500 |
| <i>Рекомендации ВОЗ, мкг/м³ [3]</i> | | | | | |
| Диоксид азота | — | 200 | — | — | 40 |
| Диоксид серы | — | 350 | — | 125 | — |
| ВЧ10 | — | — | — | 50 | 40 |
| Оксид углерода | — | — | 10 000 | — | — |
| <i>Нормативы США, ppb [14]</i> | | | | | |
| Диоксид азота | — | 100 | — | — | 53 |
| Диоксид серы | — | 75 | — | — | — |
| ВЧ10 | — | — | — | 150 | — |
| Оксид углерода | — | — | 9 | 35 | — |

Примечание. «—» — нет данных.

Расчетные концентрации диоксида азота ($\text{мкг}/\text{м}^3$) в приземном слое воздуха для ключевых рецепторов на территории планируемого размещения БАС

| Параметр и период осреднения | Модуль 1 | Модуль 2 | Модуль 3 | Модуль 4 | Охраняемый участок |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
| <i>Сценарий 1</i> | | | | | |
| Максимальная среднечасовая | 67,04 | 61,00 | 77,23 | 73,79 | 101,21 |
| 95 % среднечасовой | 13,63 | 9,96 | 17,99 | 26,95 | 16,36 |
| Средняя среднечасовая | 1,54 | 1,33 | 1,99 | 2,68 | 2,09 |
| Максимальная среднесуточная | 16,41 | 15,95 | 21,52 | 27,84 | 24,77 |
| 95 % среднесуточной | 9,12 | 9,82 | 11,41 | 14,80 | 14,44 |
| Средняя среднесуточная | 1,92 | 1,66 | 2,47 | 3,31 | 2,61 |
| Максимальная среднемесячная | 3,97 | 3,55 | 5,12 | 6,64 | 5,44 |
| Средняя среднемесячная | 1,98 | 1,72 | 2,56 | 3,45 | 2,70 |
| <i>Сценарий 2</i> | | | | | |
| Максимальная среднечасовая | 70,64 | 62,55 | 92,09 | 115,25 | 89,56 |
| 95 % среднечасовой | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Средняя среднечасовая | 0,86 | 0,68 | 1,13 | 1,75 | 1,12 |
| Максимальная среднесуточная | 24,83 | 24,29 | 33,65 | 46,07 | 37,93 |
| 95 % среднесуточной | 8,76 | 7,52 | 11,47 | 17,49 | 12,24 |
| Средняя среднесуточная | 1,37 | 1,22 | 1,83 | 2,76 | 1,94 |
| Максимальная среднемесячная | 4,33 | 3,81 | 5,66 | 7,84 | 5,63 |
| Средняя среднемесячная | 1,44 | 1,28 | 1,93 | 2,91 | 2,04 |

Максимальные среднесуточные концентрации загрязнителей могут регистрироваться на участке, расположенном в 20–30 м к юго-юго-западу от пункта размещения ДГ-60. Для диоксида азота, согласно расчетам, отмечается небольшая область, где предельно допустимые среднесуточные концентрации могут быть превышены (рис. 3, а). Повторяемость такого события невелика и составит не более 8 дней в год.

Максимальные среднемесячные концентрации веществ, осредненные за теплый сезон, также могут регистрироваться в 20–30 м к юго-юго-западу от источника выбросов и составят для диоксида серы не более 12 %, оксида углерода — не более 9 %, тонкодисперсных твердых взвешенных частиц — не более 11 % среднегодовых ПДК. Для диоксида азота максимальный прирост среднемесячной концентрации выше ПДК с. г., но это превышение имеет точечный характер (рис. 4, а).

Сценарий 2. Результаты моделирования по сценарию 2 показали, что территориальная структура распределения максимальных концентраций загрязняющих веществ отличается от предполагаемой для сценария 1 (см. рис. 2–4, б). В целом прирост концентрации загрязнителей при реализации сценария 2 будет несколько больше, тем не менее превышения нормативов содержания загрязняющих веществ в местах расположения пяти ключевых рецепторов (лабораторно-жилые модули и охраняемый участок) не ожидается (см. табл. 3).

В пределах территории, прилегающей к местам размещения ДГ-100 и КТО-50.К20 максимальные краткосрочные и долгосрочные концентрации по всем веществам, кроме диоксида азота, не будут превышать существующие ПДК.

Максимальные среднечасовые концентрации могут достичь наибольших значений на участке, расположенном в 80–85 м к юго-западу от источников загрязнения. Для диоксида азота максимальная среднечасовая концентрация может превысить ПДК только в 10 узлах расчетной сети на участках, расположенных к юго-востоку, югу и юго-западу от места размещения ДГ-100, причем прирост среднечасовых концентраций диоксида азота в местах наибольшего загрязнения оценен в $47,2 \text{ мкг}/\text{м}^3$. Отметим, что основной вклад в увеличение его выбросов вносит ДГ-100, и при увеличении высоты его трубы на 2 м локальных превышений регистрироваться не будет.

Максимальные среднесуточные и среднемесячные концентрации загрязняющих веществ также регистрируются на участке, расположенном в 80–85 м к юго-западу от места размещения ДГ-100. Для диоксида азота максимальные среднесуточные и среднемесячные концентрации могут превысить

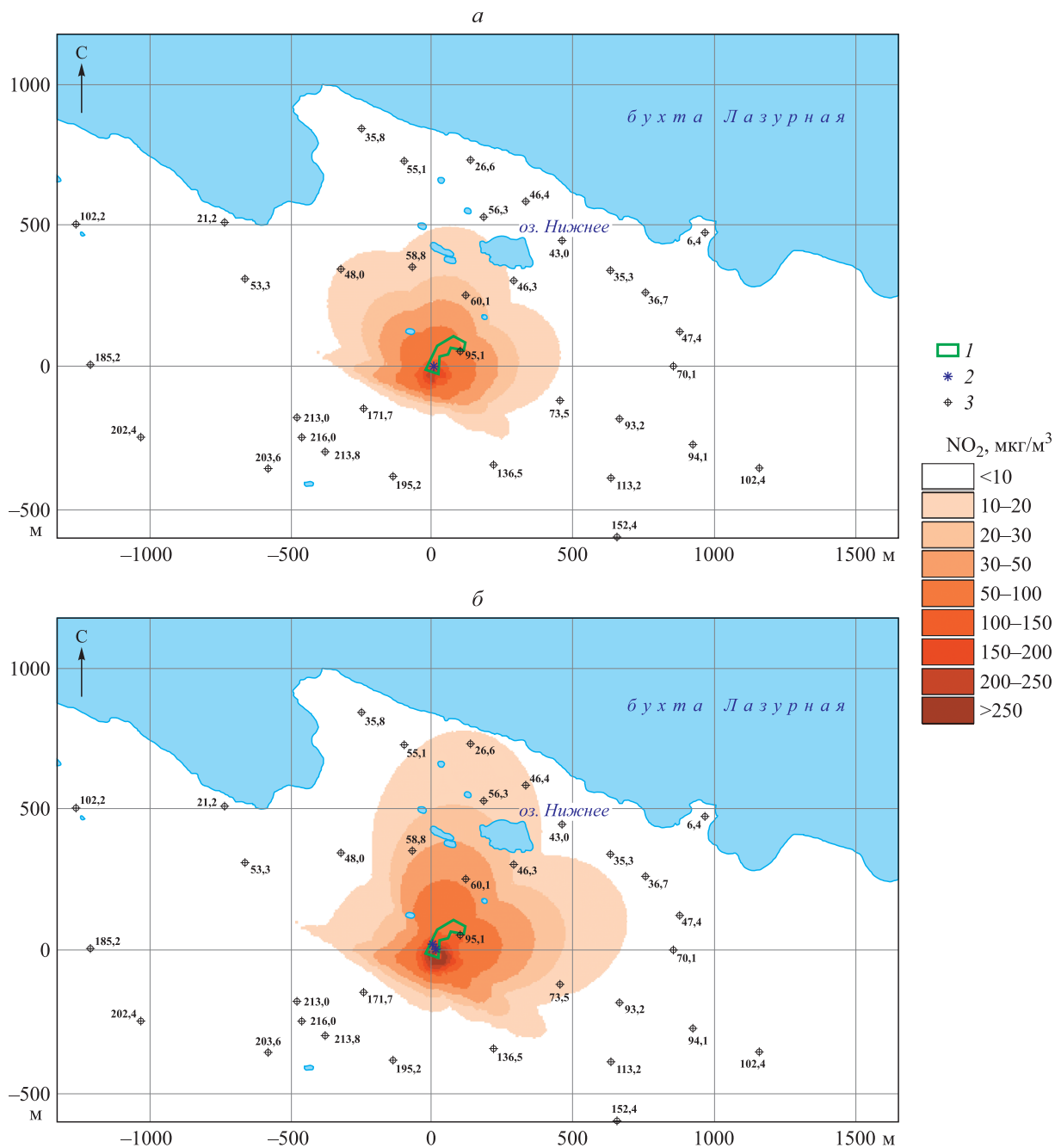


Рис. 2. Распределение часовых максимальных концентраций диоксида азота (мкг/м³) в атмосферном воздухе от стационарных источников при функционировании БАС.

Здесь и на рис. 3, 4: *а* — сценарий 1, *б* — сценарий 2. 1 — площадка размещения БАС; 2 — источники выбросов NO₂; 3 — отметки высот.

существующие нормы, но это превышение будет локальным и не скажется на общей экологической обстановке (см. рис. 3, *б* и 4, *б*).

В целом по результатам расчетов рассеяния загрязняющих веществ от стационарных источников можно утверждать, что повышение их концентраций будет незначительным и не распространится на большое расстояние. Превышение ПДК возможно только по диоксиду азота и только на участках, приуроченных к площадке размещения БАС. Для его предотвращения следует увеличить высоту труб дизель-генераторов.

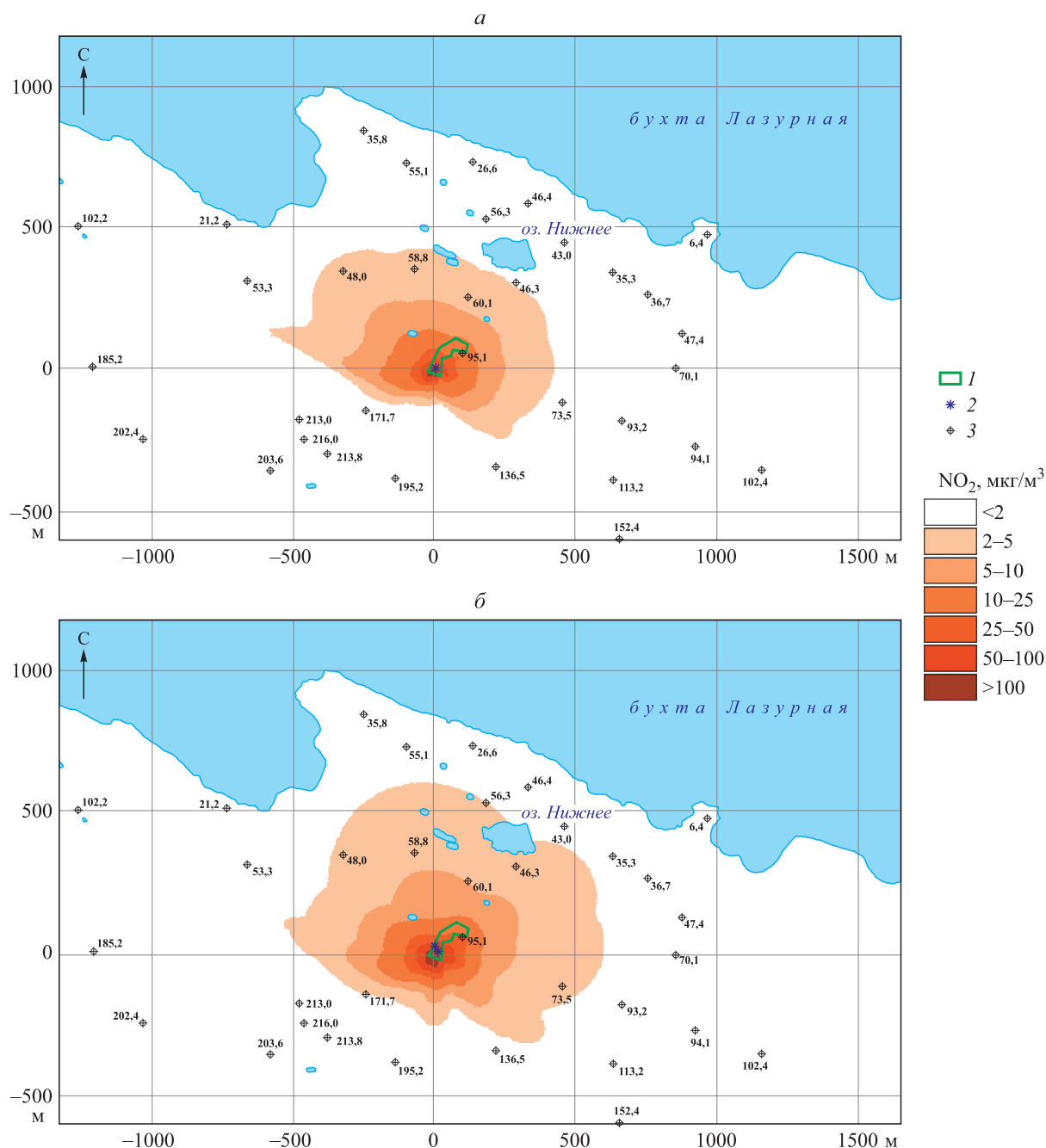


Рис. 3. Распределение среднесуточных максимальных концентраций диоксида азота ($\text{мкг}/\text{м}^3$) в атмосферном воздухе от стационарных источников при функционировании БАС.

Выполнено сравнение полученных результатов с расчетами рассеяния для планируемой индийской станции Larsemann Hills, произведенными с использованием близкой модели ISC3 [15]. Среднесуточные концентрации диоксида азота, согласно этим расчетам, могут достигать на стадии строительства $197\text{--}328 \text{ мкг}/\text{м}^3$, а в режиме функционирования станции (январь–февраль) не превысят $132 \text{ мкг}/\text{м}^3$, причем поле повышенных концентраций является локальным и формируется недалеко от источников выбросов. Эти данные хорошо согласуются с результатами, полученными для БАС по модели AERMOD.

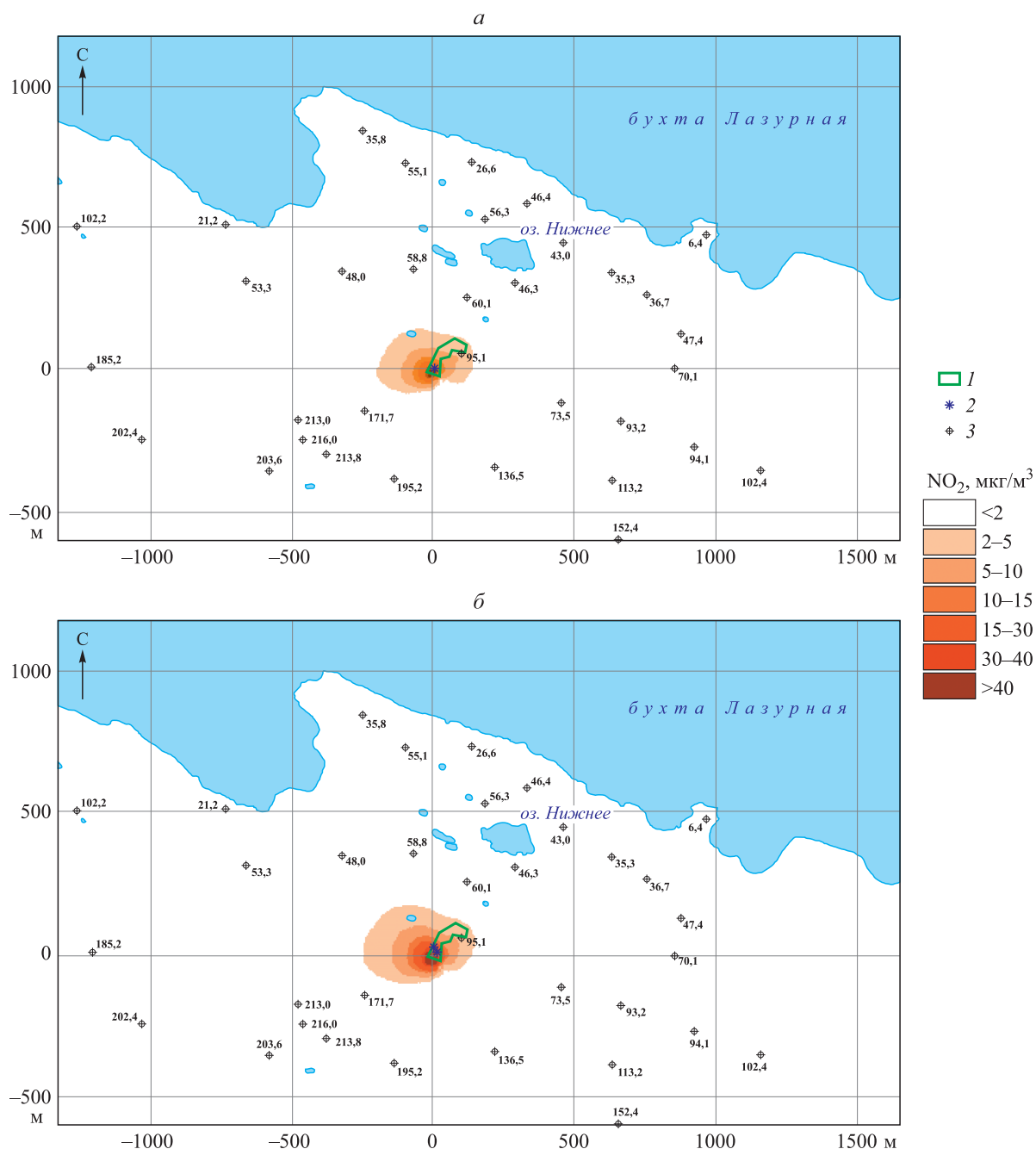


Рис. 4. Распределение среднемесячных максимальных концентраций диоксида азота ($\mu\text{г}/\text{м}^3$) в атмосферном воздухе от стационарных источников при функционировании БАС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С использованием модели AERMOD получены оценки концентрации загрязняющих веществ различного осреднения с учетом параметров источников выбросов, метеорологических условий, рельефа местности и других условий. Результат может быть сопоставлен с экспериментальными данными и верифицирован.

Опыт применения модели AERMOD показал, что для ее успешной работы необходима детальная входная информация определенных форматов, в первую очередь метеорологическая. Сбор и подго-

товка такой информации требуют значительных трудовых затрат, которые, однако, оправдываются конечным эффектом.

Результаты моделирования, полученные при оценке рассеяния примесей от стационарных источников в месте предполагаемого строительства БАС, сопоставимы с результатами применения AERMOD, ISC3 и близких им моделей в других регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Берлянд М. Е.** Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — 448 с.
2. **Методика** расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86 (утв. Гос. комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 4 августа 1986 г. № 192). — 68 с.
3. **Air Quality Guidelines.** Global Update 2005. Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. World Health Organization. — Copenhagen: WHO Europe, 2005. [Электронный ресурс]. — http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf (дата обращения 29.08.2013).
4. **Guide** on modeling Nitrogen Dioxide (NO₂) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive ETC/ACM // Technical Paper. — 2011. — 15. — 89 p.
5. **Строительство** и функционирование Белорусской антарктической станции на горе Вечерняя, Земля Эндерби. Проект Всесторонней оценки окружающей среды. — Минск, 2013 [Электронный ресурс]. — http://www.ats.aq/documents/EIA/01560ruDraft_CEE_BAS_ru.pdf (дата обращения 20.03.2014).
6. **Методика** расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. — СПб., 2001 (Утв. министром природных ресурсов РФ, 14.02.2011).
7. **Руководство** по инвентаризации и проектированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ЕМЕП/ЕАОС. — 2009.
8. **User's Guide** for the AMS/EPA Regulatory Model — AERMOD. EPA-454/B-03-001. — U. S. Environmental Protection Agency; Research Triangle Park; North Carolina, 2004. — 149 p.
9. **User's Guide** for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET). EPA-454/B-03-002. — U. S. Environmental Protection Agency; Research Triangle Park; North Carolina, 2004. — 99 p.
10. **AERSURFACE User's Guide.** EPA-454/B-08-001. — U. S. Environmental Protection Agency; Research Triangle Park; North Carolina, 2008. — 34 p.
11. **Anderson J. R., Hardy E. E., Roach J. T., Witmer R. E.** A land use and land cover classification system for use with remote sensor data: Geol. Surv. Prof. Paper 964 [Электронный ресурс]. — <http://landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf> (дата обращения 09.04.2014).
12. **Standards** for Digital Elevation Models. Pt. 2. Specifications [Электронный ресурс]. — <http://nationalmap.gov/standards/pdf/2DEM0198.PDF> (дата обращения 09.04.2014).
13. **Постановление** Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 июня 2009 г. № 7.
14. **National Ambient Air Quality Standards** [Электронный ресурс]. — <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/> (дата обращения 29.08.2013).
15. **Final** comprehensive environmental evaluation of new Indian research station at Larsemann Hills, Antarctica / National Centre for Antarctic and Ocean Research (Ministry of Earth Sciences, Government of India). — India, Goa, Vasco Da Gama: National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010. — 220 p.

Поступила в редакцию 18 июня 2014 г.