



<http://ecopri.ru>

<http://petrsu.ru>

Издатель

ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

Т. 3. № 1(9). Март, 2014

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. К. Зильбер
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. Е. Веселов
Т. О. Волкова
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
А. А. Кухарская
О. В. Обарчук
Н. Д. Чернышева
Т. В. Климюк
А. Б. Соболева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20. Каб. 208.

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>



© ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет», 2012



Содержание Т. 3. № 1. 2014.

От редакции

Новые шаги 3

Аналитический обзор

Вараксин А. Н., Шалаумова Ю. В., Панов В. Г. **Принципы контроля конфаундеров в сравнительных исследованиях в экологии: стандартизация и регрессионные модели** 4 - 14

Методы экологических исследований

Моисеева Т. А., Виссарионова Л. В. **Применение метода анализа иерархий к характеристике экотроп в Национальном парке «Паанаярви»** 15 - 24

Оригинальные исследования

Акбарпур Д. . **Оценка экологических последствий промышленного развития в специальной экономической энергетической зоне Парса** 25 - 42

Елькина Т. С., Домрачева Л. И., Хитрин С. В., Фукс С. Л., Девятерикова С. В. **Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров по реакции почвенной микрофлоры и цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz** 43 - 52

Прожорина Т. И., Беспалова Е. В., Якунина Н. . **Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды** 53 - 58

Рыбаков Д. С. **Статистическая оценка связи между показателями смертности и выбросами загрязняющих веществ в условиях урбанизации** 59 - 73

Султанова Р. А. **Анализ состояния зеленых насаждений в городской черте (на примере МО «Приволжский район»)** 74 - 77

Рецензия

Линник Ю. В. **Госпожа Биометрия** 78 - 80

Синописис

Макаров А. М. **Звери как они есть** 81 - 84



Новые шаги

Уважаемые читатели!

Из последних новшеств нашего журнала хочется назвать появление индекса DOI, благодаря которому Вашу статью по этой ссылке легко найдет любой пользователь интернета.

По-прежнему приглашаем всех наших читателей стать нашими авторами.

С уважением, редакция журнала "Принципы экологии"

References



УДК 57.04 + 51-7

Принципы контроля конфаундеров в сравнительных исследованиях в экологии: стандартизация и регрессионные модели

ВАРАКСИН
Анатолий Николаевич

*Институт промышленной экологии УрО РАН,
varaksin@ecko.uran.ru*

ШАЛАУМОВА
Юлия Валерьевна

*Институт промышленной экологии УрО РАН,
yulyash@gmail.com*

ПАНОВ
Владимир Григорьевич

*Институт промышленной экологии УрО РАН,
vpapov@ecko.uran.ru*

Ключевые слова:

конфаундеры (вмешивающиеся
переменные)
учет конфаундеров
стандартизация
фактор риска
анализ обсервационных данных
регрессионные модели

Аннотация:

Рассматриваются методы анализа данных исследования, включающего неустраняемые переменные, связанные как с откликом, так и с основным действующим фактором (конфаундеры). Учет влияния таких переменных на отклик возможен либо на этапе планирования эксперимента, либо при анализе полученных данных. Несмотря на то что эти подходы считаются одинаково эффективными, имеются веские основания ограничить область применения регрессионных моделей только случаем ковариационного анализа с хорошо известными условиями его корректного применения. В качестве обоснованного метода учета влияния конфаундеров авторы рассматривают стандартизацию путем стратификации, с результатами применения которой сравниваются результаты, полученные с помощью логистической регрессии и ковариационного анализа. Для автоматизации процедуры стандартизации предложена программа, доступная на сайте Института промышленной экологии УрО РАН.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. А. Илюха

Получена: 21 апреля 2014 года

Опубликована: 17 декабря 2014 года

Введение

Проблема необходимости учета влияния сопутствующих переменных при анализе экспериментальных данных в медицине и экологии была осознана достаточно давно. В простейшей форме эта проблема появляется как несравнимость экспериментальных групп, различающихся по сопутствующим переменным. Так, в 1747 г. шотландский врач James Lind (1716–1794) при оценке сравнительной эффективности средств от цинги явно сформулировал возможность сравнения тех экспериментальных пар моряков, для которых были одинаковы такие характеристики, как стадия болезни, пища, качество воздуха (Lind, 1953; Tröhler, 2003; Morabia, 2004; Morabia, 2011).

В XIX в. несравнимость групп в эпидемиологических исследованиях чаще всего воспринималась как непреодолимое препятствие, и только в первой половине XX в. были предложены методы для ее

решения: рандомизация (Therapeutic..., 1934), цензурирование выборки (Goldberger et al., 1920), стандартизация, предсказываемые вероятности относительно воздействия – exposure propensity scores (Weinberg, 1913; Lane-Clayton, 1926; Winkelstein, 2004). Тем не менее корректного решения этой проблемы, которое устроило бы всех исследователей, не существует до сих пор (Vandenbroucke, 2004).

В настоящей работе проблема учета сопутствующих переменных (конфаундеров) обсуждается для специального случая сравнительных исследований (сравнение результатов для опытной и контрольной групп), которые являются частым случаем многих задач в экологии и экологической медицине (Anderson et al., 1980). Из множества методов решения проблемы конфаундеров в настоящей статье обсуждаются два наиболее популярных метода: классическая процедура стандартизации и статистическое моделирование методами регрессионного анализа. В работе предлагается новая автоматизированная процедура стандартизации, с помощью которой проведено сравнение результатов стандартизации и результатов статистического моделирования регрессионными методами.

Аналитический обзор

Терминология

Сравнительные исследования (Comparative studies) – это исследования, в которых сравниваются результаты, полученные на двух группах объектов. Одна группа традиционно называется «опытная группа» (treatment group) – это группа объектов, которые подвергаются некоторому воздействию (treatment); объекты второй группы («контрольная» группа, control group) не подвергаются данному воздействию. Задача сравнительного исследования состоит в определении влияния воздействия на выбранную исследователем характеристику изучаемых объектов. Эту характеристику называют «Отклик на воздействие» или просто «Отклик» (outcome, response). Разность откликов в опытной и контрольной группах называют эффектом воздействия (Anderson et al., 1980).

Фактор риска. В экологических и эколого-медицинских исследованиях воздействие обычно ассоциируется с некоторым фактором риска (risk factor – RF). Например, при изучении влияния на экологическую систему загрязнения окружающей среды в качестве опытной территории выбирают территорию с «условно высоким» уровнем загрязнения окружающей среды, а в качестве контрольной – условно «чистой» территорию, на которой это загрязнение отсутствует или незначительно. Объекты экологической системы (растения, животные, человек) на опытной территории (обозначим эту территорию как $RF = 1$, т. е. территория, на которую действует фактор риска RF) подвергаются неблагоприятному воздействию поллютантов, в результате чего некоторая характеристика Y изучаемых объектов изменяется по сравнению с этой же величиной Y для объектов контрольной группы ($RF = 0$). В качестве отклика системы на воздействие обычно принимают значение Y , усредненное по всем объектам группы ($\bar{Y}$). Тогда эффект воздействия, равный разности откликов в опытной и контрольной группах, равен

$$\Delta Y(RF) = \bar{Y}(RF = 1) - \bar{Y}(RF = 0). [1]$$

Конфаундер, контроль конфаундеров. Кроме фактора риска (основной изучаемый фактор) объекты исследования могут характеризоваться рядом других факторов (так называемые «сопутствующие факторы» X), влияние которых на отклик Y может исказить эффект фактора риска RF , т. е. природа сопутствующих факторов может быть такой, что часть изменчивости отклика может объясняться изменчивостью сопутствующих факторов, а не влиянием фактора риска. Казалось бы, можно построить экспериментальное исследование таким образом, чтобы сопутствующие переменные не оказывали влияние на отклик, однако особенности конфаундеров именно в том, что они неустранимы. Например, невозможно устранить влияние таких факторов, как пол или возраст, при исследовании человеческой популяции, а пренебрегать ими не всегда возможно, т. к. они имеют заметное влияние на исследуемый отклик.

Именно такие неустранимые факторы называют конфаундерами (confounding factors, confounders). Согласно определению (Bonita et al., 2006), сопутствующий фактор X является конфаундером, если он удовлетворяет двум условиям: 1) фактор X оказывает влияние на отклик Y ; 2) распределения фактора X в группах с различными уровнями RF различны. Эти два условия можно перевести на математический язык следующим образом: сопутствующий фактор X является конфаундером для фактора риска RF , если X имеет статистически значимую связь как с Y , так и с RF .

Смещение. Искажающее влияние конфаундера X на эффект, производимый основным исследуемым фактором риска RF , называют confounding, а величину искажения эффекта – смещением (bias). Задача исследователя заключается в том, чтобы устранить (уменьшить) смещение, т. е. определить максимально «точно» эффект именно фактора риска RF , отделив его от искажающего

влияния конфаундера. Процедуры, которые позволяют «выделить» эффект фактора риска на фоне действующих конфаундеров, обобщенно называют «Контроль конфаундеров» или «Учет конфаундеров» (control for confounders, accounting for confounders, methods to adjust for confounders) (Anderson et al., 1980; Bonita et al., 2006).

Например, в экологическом исследовании изучается влияние RF на некоторую характеристику объектов Y , причем Y зависит от сопутствующего фактора, например от возраста объектов X . Пусть возраст объектов в одной группе отличается в среднем от возраста объектов в другой группе. При таких условиях, согласно приведенному выше определению, возраст X является конфаундером для фактора риска RF . Примем для определенности, что Y увеличивается с увеличением X и среднее значение X в опытной группе выше, чем в контрольной. Понятно, что при этих условиях различие возрастов в группах $RF = 0$ и $RF = 1$ будет увеличивать эффект $\Delta Y(RF)$, в противном случае (возраст в опыте меньше, чем в контроле) – уменьшать эффект изучаемого фактора риска RF .

Методы контроля (учета) конфаундеров

Контроль за влиянием конфаундеров возможен как на этапе планирования экспериментальных исследований, так и на этапе анализа данных. Методы контроля конфаундеров на этапе планирования (общее название методов – уравнивание, англ. Matching) в данной работе не рассматриваются; они подробно описаны, например, в монографиях (Anderson et al., 1980; Bhopal, 2002; de Graaf et al., 2011). Методы контроля конфаундеров на этапе анализа данных (общее название методов – подгонка, корректировка, англ. Adjustment procedure или просто adjustment) делятся на две группы: 1) методы стандартизации путем стратификации массива данных; 2) методы, основанные на статистических моделях. Именно методы учета конфаундеров на этапе анализа являются предметом исследования настоящей работы.

В общем виде назначение любых процедур учета конфаундеров на этапе анализа данных (Adjustment procedure) состоит в устранении различий в распределениях конфаундеров X в опытной и контрольной группах. С математической точки зрения такое устранение различий приводит к тому, что X перестает коррелировать с фактором риска RF и, следовательно, сопутствующий фактор X перестает быть конфаундером (т. е. не может исказить эффект $\Delta Y(RF)$ изучаемого RF).

В следующих подразделах описаны два метода контроля (учета) конфаундеров. Первый из них – процедура стандартизации, являющаяся одним из вариантов процедуры контроля конфаундеров на этапе анализа данных. Второй – процедура контроля конфаундеров с помощью регрессионных моделей.

Стандартизация в сравнительных исследованиях

Пусть некоторая характеристика Y (отклик) измеряется на объектах двух групп, разделенных по фактору риска ($RF = 0$ и $RF = 1$), т. е. мы имеем случай сравнительного исследования влияния фактора риска RF на отклик Y ; изучаемые объекты характеризуются набором сопутствующих переменных X , влияние которых на Y может исказить эффект исследуемого фактора риска. Задача состоит в корректном определении величины эффекта фактора риска $\Delta Y(RF)$, определяемого формулой [1].

Один из классических способов устранения искажающего влияния конфаундера – стандартизация путем стратификации массива наблюдений (Weinberg, 1913; Goldberger et al., 1920; Bhopal, 2002; Власов, 2004). Ниже мы рассмотрим процедуру так называемой прямой стандартизации (наиболее распространенная из процедур, основанных на стратификации); описание других приемов стандартизации можно найти в монографии (Anderson et al., 1980, глава 7). Техническое исполнение процедуры прямой стандартизации (в дальнейшем будем использовать термин «Стандартизация») проиллюстрируем на следующем примере.

Пусть ставится задача определения влияния загрязнения территории проживания на здоровье населения (фактор риска RF – загрязнение территории). Это типичная эколого-эпидемиологическая задача, суть которой понятна даже неспециалисту в области экологии или эпидемиологии. Для решения этой задачи выбираются две территории (например, два города), один из которых можно считать «условно чистым» ($RF = 0$), второй – загрязненным ($RF = 1$). В двух городах собираются сведения о заболеваемости населения и рассчитываются средние значения заболеваемости $\bar{Y}(RF = 0)$ и $\bar{Y}(RF = 1)$. В гипотетическом случае отсутствия конфаундеров разность этих средних дает ожидаемый эффект (эффект влияния загрязнения на заболеваемость).

В описанном выше примере появление конфаундеров – неизбежная плата за невозможность постановки активного эксперимента (исследователь может лишь фиксировать имеющиеся уровни загрязнения и заболеваемости, но не изменять их). Одним из типичных конфаундеров в описанной задаче является возраст. Предположим, что в задаче определения влияния загрязнения на здоровье «чистый» город является «спальным» районом мегаполиса, в котором живет значительная доля

пожилого населения, а город с сильным загрязнением территории – промышленный город с высокой долей молодого населения. Поскольку заболеваемость населения, очевидно, увеличивается с возрастом, заболеваемость в «чистом» городе будет повышена за счет высокой доли пожилых людей, а в промышленном городе – понижена за счет молодой части населения и повышена вследствие загрязнения среды обитания. В этом случае эффект фактора риска «Загрязнение территории» будет снижен (относительно «истинного») за счет различий в возрастных структурах населения этих двух городов.

Процедура стандартизации путем стратификации данных предполагает разделение населения обоих городов на одинаковые слои (страты) по возрасту, например по 10 лет. В каждой страте определяется численность населения $n_i(RF = 0)$, $n_i(RF = 1)$ и средняя заболеваемость населения каждого города отдельно $\bar{Y}_i(RF = 0)$, $\bar{Y}_i(RF = 1)$, где i – номер страты. Эффект от загрязнения без учета возраста (конфаундера) определяется по формуле (Bonita et al., 2006, Вараксин и др. 2012)

$$\Delta Y(RF) = \frac{\sum_i \bar{Y}_i(RF = 1) \cdot n_i(RF = 1)}{\sum_i n_i(RF = 1)} - \frac{\sum_i \bar{Y}_i(RF = 0) \cdot n_i(RF = 0)}{\sum_i n_i(RF = 0)}, [2]$$

в которой суммирование идет по всем возрастным стратам.

Формула [2] является вариантом представления формулы [1] с учетом стратификации данных, полностью ей эквивалентна и дает тот же результат. Расчет эффекта загрязнения территории с учетом возраста (стандартизация по возрасту) осуществляется по формуле

$$\Delta Y(RF)_{adj} = \frac{\sum_i (\bar{Y}_i(RF = 1) - \bar{Y}_i(RF = 0)) \cdot n_i}{\sum_i n_i}, [3]$$

где нижний индекс *adj* означает adjustment (подгонка). Формула [3] отличается от [2] тем, что в [2] отклики $\bar{Y}_i(RF = 0)$ и $\bar{Y}_i(RF = 1)$, рассчитанные для i -й страты, суммируются с весами $n_i(RF = 0)$ и $n_i(RF = 1)$, которые различаются для групп $RF = 0$ и $RF = 1$, а в [3] веса n_i для групп $RF = 0$ и $RF = 1$ – одинаковы. Именно таким образом устраняются различия в распределении возрастов в опытной и контрольной группах и «устраняется» искажающее влияние возраста на $\Delta Y(RF)$.

Показывая формальный путь устранения влияния конфаундера, процедура стандартизации не дает однозначного ответа на вопрос, как выбрать численные значения весов n_i в формуле [3]. Несколько часто встречающихся вариантов для рассмотренного выше примера таковы:

а) численности n_i равны средней численности населения в опытной и контрольной группах для i -й страты

$$n_i = 0.5 \cdot (n_i(RF = 0) + n_i(RF = 1)). [4]$$

б) численности n_i выбираются равными численностям населения в i -й возрастной группе для целого региона, в котором расположены «чистый» и загрязненный города; вместо региональной можно выбрать возрастную структуру страны в целом, мировую возрастную структуру и т. п.

Очевидно, что каждый вариант выбора n_i приводит к разным результатам при оценке эффекта $\Delta Y(RF)$. В разделе «Закключение» мы дадим комментарии этой неоднозначности оценки $\Delta Y(RF)$. Кроме n_i , эффект $\Delta Y(RF)$ будет также зависеть от способа разделения массива наблюдений на страты (число страт и их границы), поэтому предметная трактовка полученных скорректированных (adjusted) значений эффекта $\Delta Y(RF)$ зависит от содержательного смысла выбранных страт и их численностей n_i .

При выполнении процедуры стандартизации действует ограничение: процедура осуществима при

условии, когда обе численности $n_i(RF = 0)$ и $n_i(RF = 1)$ отличны от нуля для каждой i -й страты; в случае нулевого значения $n_i(RF = 0)$ либо $n_i(RF = 1)$ данная i -я страта должна быть полностью исключена из анализа вследствие невозможности рассчитать один из откликов $\bar{Y}_i(RF = 0)$ либо $\bar{Y}_i(RF = 1)$, для которого $n_i(RF) = 0$. Впрочем, есть возможность не терять эти данные, если выбрать иные границы страт таким образом, чтобы ни одна из них не оказалась пустой.

Статистические методы контроля конфаундеров

Процедура стандартизации является ясной и предметно-понятной процедурой учета конфаундеров. Единственный недостаток процедуры стандартизации – трудность практической реализации при наличии многих конфаундеров. Чтобы преодолеть эту трудность, было предложено использовать методы статистического моделирования. Одной из первых публикаций в этом направлении является работа Рональда Фишера (Фишер, 1958), в которой рассматривается применение методов ковариационного анализа. В 1957 г. специальный выпуск журнала *Biometrics* (Vol. 13 (3)) был посвящен ковариационному анализу и его применениям; в этом выпуске поднимался вопрос и о конфаундерах (variable for adjustment). По-видимому, переход к другим статистическим моделям как средству учета конфаундеров был сделан именно через ковариационный анализ. В результате для учета конфаундеров стали применяться регрессионные модели (линейные и логистические), которые в некоторых областях экологии и эпидемиологии стали основными (Miettinen, 1976; Stein et al., 2013).

Рассмотрим применение методов статистического моделирования на примере бинарного отклика Y , когда Y принимает два значения $Y = 0$ и $Y = 1$ (в случае заболеваний эти два значения Y соответствуют градациям «здоров» и «болен»). В этом случае стандартным методом статистического моделирования является логистическая регрессия.

Контроль конфаундеров методом логистической регрессии проводится следующим образом. По экспериментальным данным строится уравнение логистической регрессии, описывающее эффект фактора риска RF

$$odds(Y = 1|RF) = \exp(b_0 + b_{RF}RF), [5]$$

где $odds(Y = 1|RF)$ – шанс появления значения $Y = 1$ (шанс заболеть). Показателем эффекта, производимого фактором риска RF , в логистической регрессии является отношение шансов (OR) – отношение шанса заболеть при наличии фактора риска $odds(Y = 1|RF = 1)$ к шансу заболеть при отсутствии фактора риска $odds(Y = 1|RF = 0)$. Согласно теории логистической регрессии, искомое отношение шансов рассчитывается по формуле (Hosmer et al., 2002):

$$OR(Y = 1|RF) = \exp(b_{RF}), [6]$$

где b_{RF} – коэффициент уравнения [5].

При наличии конфаундеров их контроль производится путем включения в уравнение [5] имеющихся конфаундеров $X_1, X_2, \dots, X_k$, т. е. путем построения уравнения множественной логистической регрессии:

$$odds(Y = 1|RF) = \exp(b_0 + b_{RF}RF + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_k \cdot X_k). [7]$$

Включение конфаундеров в уравнение логистической регрессии приводит к изменению значения коэффициента b_{RF} при факторе риска RF (значение b_{RF} заменяется на b_{RF}^*); это изменение трактуется как учет конфаундеров при расчете эффекта фактора риска RF (Hosmer et al., 2002; Bonita et al., 2006; van Stralen et al., 2010; Tripepi et al., 2011).

Аналогичным образом описывается в (Bonita et al., 2006; van Stralen et al., 2010; Tripepi et al., 2011) случай количественного отклика Y , когда вместо логистической регрессии используется линейная регрессия:

$$Y = b_0 + b_{RF} \cdot RF + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_k \cdot X_k. [8]$$

Описанная процедура контроля конфаундеров с использованием логистической регрессии является очень популярной в эпидемиологических исследованиях. Например, описанная процедура является практически единственной, принятой для использования авторами авторитетного журнала *Epidemiology*, который позиционирует себя не только как медицинский журнал (эпидемиология – наука о распространении массовых заболеваний), но и как журнал для публикации исследований в области прикладной статистики (*Statistical Science Web*, 2014). При этом стандартизация и статистическое моделирование рассматриваются многими современными авторами как два равноправных подхода для учета конфаундеров, хотя равносильность этих двух подходов не доказана и, по-видимому, основана на вере в то, что корректность применения подобной процедуры в форме ковариационного анализа сохраняется и для общих регрессионных моделей. По нашему мнению, имеются веские аргументы против такого метода учета конфаундеров (Вараксин и др., 2011; Austin, 2011). Во-первых, нет доказательств того, что метод логистической регрессии действительно устраняет (уменьшает) различия в распределениях конфаундера в изучаемых группах $RF = 0$ и $RF = 1$. Во-вторых, изменение коэффициента b_{RF} в уравнениях [5]–[6] при переходе к [7] может происходить в отсутствие корреляционной связи между конфаундером X и откликом Y (просто за счет наличия корреляционных связей между X и RF). Согласно введенному выше определению, отсутствие связи между X и Y «выводит» сопутствующий фактор X из разряда конфаундеров. Учитывая, что в практических исследованиях специальная проверка того, что переменная X является конфаундером, проводится не всегда (чаще всего не проводится!), изменение коэффициентов регрессии b_{RF} после добавления X может создать неправильное представление о переменной X как о конфаундере в ситуации, когда X таковым не является.

Сравнение результатов контроля конфаундеров, полученных путем стандартизации и регрессионных моделей

Проведем сравнение результатов контроля конфаундеров, полученных путем стандартизации, методом логистической регрессии и ковариационного анализа.

Как отмечалось выше, равносильность двух подходов учета конфаундеров (стандартизация и регрессионное моделирование) требует доказательств. Однако провести формальное доказательство этого довольно трудно, учитывая статистическую природу обоих методов. В то же время доказательство их неэквивалентности можно построить точно так же, как в математической статистике проверяются статистические гипотезы: необходимо выбрать ситуацию, когда возможно применить оба метода учета конфаундеров, и показать, что при анализе этой ситуации оба метода дают разные результаты. Если результаты, полученные методами стандартизации и регрессионного анализа, не совпадают, это будет доказательством неприменимости метода логистической регрессии.

При сопоставлении двух подходов появляются затруднения, связанные с неоднозначностью процедуры стратификации (разделение массива наблюдения на страты, как было описано выше). Чтобы преодолеть эти неоднозначности, нами предложен алгоритм, минимизирующий различия в распределениях конфаундера X в группах по фактору риска и, следовательно, уменьшающий смещение оценки эффекта $\Delta Y(RF)$.

Суть алгоритма следующая. Проведем упорядочение значений X для всех объектов исследования. Выбираем первое (минимальное) значение X и определяем его принадлежность к группе $RF = 0$ или $RF = 1$. Выбираем следующее значение X и также определяем его принадлежность к группе по фактору риска. Если первое и второе значения X принадлежат к разным группам (например, первое значение X принадлежит к группе $RF = 0$, а второе значение X – к группе $RF = 1$), считаем, что эти два значения образуют первую страту. Если оба значения X принадлежат к одной группе, выбираем третье значение X и т. д. до тех пор, пока в выборке не окажутся объекты сразу двух групп (хотя бы один объект в каждой группе по RF). Минимальное число объектов n_1 , удовлетворяющих этому условию, составляют первую страту ($i = 1$). Для объектов этой страты можно вычислить среднее значение отклика Y в группах по фактору риска; это будут $\bar{Y}_1(RF = 0)$ и $\bar{Y}_1(RF = 1)$. Продолжая описанную процедуру вплоть до достижения максимального значения X , получаем все необходимые данные для расчета эффекта $\Delta Y(RF)$ по формуле [3].

Такой способ разделения на страты минимизирует различия распределений конфаундера X в группах по фактору риска, поскольку средние значения конфаундера в опыте и контроле различаются минимально именно при минимальных размерах страт. Выбор в качестве n_i численностей «объединенных» страт (объекты обеих групп по RF) соответствует условию [4] и кажется естественным в описанной ситуации. Дополнительным преимуществом описанного алгоритма является возможность

его компьютерной реализации, что избавляет пользователя от необходимости ручных расчетов (несложных, но утомительных). Такая реализация была нами выполнена, и созданная компьютерная программа стандартизации «Программа для контроля конфаундеров при изучении действия факторов риска в задачах экологии человека» с описанием способа применения доступна на сайте Института промышленной экологии УрО РАН (<http://www.iie-uran.ru>). Для выполнения процедуры стандартизации необходимо запустить компьютерную программу, указать в базе данных имена переменных отклика Y , фактора риска RF и конфаундера X ; все остальное выполняется компьютерной программой автоматически.

Проведем сравнение методов стандартизации, логистической регрессии и ковариационного анализа на примере реальных данных 861 жителя Свердловской области, у которого специалистом-кардиологом проведено определение состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) и изучается влияние на развитие патологии CCC таких факторов, как возраст, артериальное давление и метеотропные реакции (база данных Института промышленной экологии УрО РАН, 1994 (Вараксин и др., 2011)). В приведенных ниже расчетах откликом Y является показатель состояния CCC (здоровые $Y = 0$ и лица с явными проявлениями сердечно-сосудистых заболеваний $Y = 1$), фактором риска RF считается показатель «Метеотропные реакции» (человек отмечает у себя наличие/отсутствие реакций на изменение погоды), конфаундерами являются «Возраст» и «Диастолическое артериальное давление» (ДАД). Поскольку наш алгоритм стандартизации работает только с одним конфаундером, возраст и ДАД выступают конфаундерами в двух отдельных расчетах.

Начнем с оценки степени влияния фактора риска без учета конфаундеров. Эффект фактора риска «Метеотропные реакции» выражается отношением шансов $OR = 7.1$ (95 %-й доверительный интервал: 5.2–9.7). В соответствии с обычной трактовкой отношения шансов отсюда можно сделать вывод, что метеотропные реакции являются значимым фактором риска развития сердечно-сосудистых патологий.

При изучении влияния метеотропных реакций на появление заболеваний CCC конфаундерами могут выступать такие сопутствующие факторы, как возраст и артериальное давление. Проверка условий того, что факторы являются конфаундерами, показывает следующее. Для фактора «Возраст» среднее значение в группе «Здоровые» (отклик $Y = 0$) равно 33.3 года, в группе «Больные» (отклик $Y = 1$) – 52.9 года. Различие этих средних значений является статистически значимым по критерию Стьюдента ($p < 0.00001$), следовательно, имеется статистически значимая связь между откликом Y и сопутствующим фактором «Возраст». Аналогично среднее значение возраста в группе $RF = 0$ «Нет метеотропных реакций» равно 36.7 года, в группе $RF = 1$ «Есть метеотропные реакции» – 52.1 года. Различие средних значений является статистически значимым по критерию Стьюдента ($p < 0.00001$), следовательно, имеется статистически значимая связь между фактором риска RF и сопутствующим фактором «Возраст». Таким образом, фактор «Возраст» удовлетворяет обоим условиям, необходимым для того, чтобы быть конфаундером при изучении связи распространенности заболеваний CCC и метеотропных реакций.

Что касается фактора «Диастолическое артериальное давление», среднее значение в группе «Здоровые» (отклик $Y = 0$) равно 77.9 мм рт. ст., в группе «Больные» (отклик $Y = 1$) – 89.5; среднее значение ДАД в группе $RF = 0$ равно 82.6 мм рт. ст., в группе $RF = 1$ – 87.3 мм рт. ст. Различия средних значений являются статистически значимыми по критерию Стьюдента ($p < 0.00001$), следовательно, показатель ДАД является конфаундером при изучении связи распространенности заболеваний CCC и метеотропных реакций.

Таблица. Примеры применения программы стандартизации и сравнение результатов стандартизации с логистической регрессией и ковариационным анализом

Table. Examples of application of standardization program and comparison of standardization, logistic regression and analysis of covariance results

Конфаундер	Число страт	Отношение шансов (логистическая регрессия)	Отношение шансов (ковариационный анализ)	Отношение шансов (стратификация)
Отсутствует	–	7.1 (5.2 – 9.7)	7.1 (5.2 – 9.7)	7.1 (5.2 – 9.7)
Возраст	–	3.7 (2.6 – 5.2)	3.0 (2.2 – 4.0)	–
	3			3.1 (2.3 – 4.2)
	5			2.9 (2.2 – 3.9)
	206			2.5 (1.9 – 3.3)
ДАД	–	7.5 (5.3 – 10.6)	5.3 (3.9 – 7.2)	–
	3			5.3 (3.9 – 7.2)
	5			5.1 (3.8 – 6.9)
	220			3.1 (2.3 – 4.2)

Как показывают данные таблицы, применение процедуры стандартизации понижает эффект фактора риска: в случае конфаундера «Возраст» отношение шансов уменьшается в $7.1 / 2.5 = 2.8$ раза, в случае конфаундера «Диастолическое давление» в $7.1 / 3.1 = 2.3$ раза. В то же время учет конфаундера методом логистической регрессии дает разнонаправленные результаты для двух конфаундеров. Для конфаундера «Возраст» логистическая регрессия дает $OR = 3.7$; это значение OR попадает в 95%-й доверительный интервал для OR , рассчитанного методом стандартизации. Для конфаундера «Диастолическое давление» процедура стандартизации и логистическая регрессия дают принципиально различные «сдвиги»: стандартизация уменьшает отношение шансов (т. е. эффект фактора «Метеотропные реакции» снижается в результате учета конфаундера ДАД), в то время как метод логистической регрессии предсказывает повышение отношения шансов. Расчет отношения шансов OR методом ковариационного анализа и в случае конфаундера «Возраст», и в случае конфаундера «Диастолическое давление» показывает значения, практически совпадающие со значением OR , получаемым при стратификации с малым числом страт (3 страты). Заметим, что дисперсионный анализ, применяемый для сопоставления средних значений в группах, образованных всевозможными сочетаниями уровней действующих факторов, в контексте проблемы учета конфаундеров можно рассматривать как специальный вид стандартизации, при котором выбор страт происходит естественной стратификацией выборки по сочетаниям уровней факторов, а значения кратностей в формуле [2] определяются фактическими объемами полученных страт.

Таким образом, в некоторых случаях поправка изучаемого эффекта на конфаундер, полученная методом стандартизации, кардинально отличается (даже знаком) от поправки, рассчитанной методом логистической регрессии. Поскольку процедура стандартизации является предметно-обоснованным методом учета конфаундеров, отличие от нее результатов применения логистической регрессии показывает неприемлемость этого метода учета конфаундеров как безусловного аналога стандартизации. Вообще говоря, возможны случаи, когда применение обоих методов (стандартизации и логистической регрессии) дает качественно согласованные результаты, но предсказать, когда это будет именно так, а не иначе, не представляется возможным. Более того, даже при качественном согласовании будут сохраняться количественные различия результатов учета конфаундеров обоими методами (например, в форме различия величин отношения шансов), и это может создать проблемы с интерпретацией результатов расчета.

Проблема учета влияния конфаундеров в сравнительных исследованиях является давно осознанной, предложены различные методы ее решения. Их можно разделить на два методологически различных класса: учет конфаундеров на стадии планирования эксперимента и учет конфаундеров на этапе анализа данных (при анализе соответствующей статистической модели). Первый способ применим только при активном (постановочном) эксперименте, что редко встречается в эколого-медицинских исследованиях. Второй способ предполагает возможность корректного учета конфаундеров некоторыми вычислительными процедурами.

Технически процедура учета конфаундеров в статистических моделях состоит в том, что сравниваются значения коэффициентов при основном изучаемом факторе для моделей с конфаундерами и без них. Изменение коэффициентов модели при включении в нее конфаундеров не

является следствием какого-либо варианта стандартизации, а происходит в результате чисто вычислительной процедуры аппроксимации модели (например, методом наименьших квадратов или методом наибольшего правдоподобия). Любая такая процедура *a priori* принимает все имеющиеся переменные равнозначно и, следовательно, изменение коэффициента при основном исследуемом факторе отражает аппроксимационные качества статистической модели в целом, а не только вклад данной переменной. В частности, нет оснований для того, чтобы считать, что в результате такой модификации параметров модели происходит нечто подобное стандартизации, например выравнивание распределений конфаундера в группах по уровням фактора риска.

На основании представленного анализа мы считаем, что следует избегать применения статистических моделей регрессионного типа для учета конфаундеров и использовать их только в том случае, когда корректность такого применения предварительно доказана, что не всегда возможно.

Заключение

Если X является конфаундером для фактора риска RF (X влияет на Y и статистически связан с RF), задача «избавиться» от влияния конфаундера X на $\Delta Y(RF)$ является невыполнимой в принципе (как избавиться от влияния X на Y , если это влияние реально существует?). Из изложенного выше следует, что устранение влияния конфаундера сводится, в конечном счете, к некоторому «договору», согласно которому эффект $\Delta Y(RF)$ рассчитывается при некоторых условиях, накладываемых на конфаундер. Например, если конфаундером в рассмотренных выше примерах является возраст, мы делаем попытку оценить величину эффекта $\Delta Y(RF)$ в «гипотетической» ситуации, когда распределения возрастов объектов в опытной и контрольной группах не различаются. При этом результат расчета эффекта $\Delta Y(RF)$ будет явно зависеть от того, какое конкретное распределение объектов по возрастам мы выберем в процедуре стандартизации. Выбирая разные распределения, получим разные значения эффекта $\Delta Y(RF)$. Следовательно, процедура поправки на конфаундер – это не способ избавиться от конфаундера, а некая форма «договора» с ним. Таким образом, при публикации полученного результата (результата расчета эффекта $\Delta Y(RF)$ изучаемого фактора риска RF) декларация «договора» является обязательной. В противном случае остается неопределенность, которая сильно снижает достоверность полученных результатов.

Библиография

- Вараксин А. Н., Панов В. Г., Константинова Е. Д. Некоторые подходы к статистическому анализу биологических и медицинских данных с конфаундерами [Some approaches to statistical analysis of biological and medical data with confounders] // Экологические системы и приборы. 2012. № 7. С. 37–42.
- Вараксин А. Н., Панов В. Г., Казмер Ю. И. Статистические модели с коррелированными предикторами в экологии и медицине [Statistical models with correlated predictors in ecology and medicine]. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2011. 144 с.
- Власов В. В. Эпидемиология [Epidemiology]. М.: ГЭОТАР-Мед, 2004. 464 с.
- Фишер Р. Э. Статистические методы для исследователей [Statistical methods for research workers]. М.: Госстатиздат, 1958. 268 с.
- Anderson S., Auquier A., Hauck W.W., Oakes D., Vandaele W., Weisberg H.I. Statistical Methods for Comparative Studies. New York: Wiley, 1980. 289 p.
- Austin P. An Introduction to Propensity Score Methods for Reducing the Effects of Confounding in Observational Studies // Multivariate Behavioral Research. 2011. № 46. P. 399–424.
- Bhopal R. Concepts of Epidemiology: An integrated introduction to the ideas, theories, principles and methods of epidemiology. Oxford University Press, 2002. 317 p.
- Bonita R., Beaglehole R., Kjellstrom K. Basic Epidemiology. WHO, 2006. 212 p.
- De Graaf M. A., Jager K. J., Zoccali C., Dekker F. W. Matching, an Appealing Method to Avoid Confounding? // Nephron Clin Practice. 2011. Vol. 118. № 4. P. 315–318.

Вараксин А. Н. , Шалаумова Ю. В. , Панов В. Г. Принципы контроля конфаундеров в сравнительных исследованиях в экологии: стандартизация и регрессионные модели // Принципы экологии. 2014. № 1. С. 4–14. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3341

Goldberger J., Wheeler G. A., Sydenstricker E. A study of the relation of family income and other economic factors to pellagra incidence in seven cotton-mill villages of South Carolina in 1916 // Public Health Rep. 1920. № 35. P. 2673–2714.

Hosmer D. W., Lemeshow S. Applied logistic regression. 2nd ed. Wiley, 2000. 376 p.

Lane-Clayton J. A further report on cancer of the breast: reports on public health and medical subjects. London, UK: His Majesty's Stationary Office, 1926. Report № 32. P. 1–189.

Lind J. A treatise of the scurvy, 1753. Edinburgh: University Press, 1953. 440 p.

Miettinen O. S. Stratification by a Multivariate Confounder Score // American Journal of Epidemiology. 1976. Vol. 104. № 6. P. 609–620.

Morabia A. History of the modern epidemiological concept of confounding // J Epidemiol Community Health. 2011. № 65. P. 297–300.

Morabia A. A history of epidemiological methods and concepts. Basel: Springer, 2004. 406 p.

Statistical Science Web: Main Journal List. URL: <http://www.statsci.org/jourlist.html> (дата обращения: 02.04.2014).

Stein C. R., Savitz D. A., Bellinger D. C. Perfluorooctanoate and Neuropsychological Outcomes in Children // Epidemiology. 2013. Vol. 24. № 4. P. 590–599.

Van Stralen K. J., Dekker F. W., Zoccali C., Jager K. J. Confounding // Nephron Clin Practice. 2010. Vol. 116. № 2. P. 143–147.

Therapeutic Trial Committee of the Medical Research Council. The serum treatment of lobar pneumonia // Lancet. 1934. № 1. P. 290–295.

Tripepi G., Jager K. J., Stel V. S., Dekker F. W., Zoccali C. How to Deal with Continuous and Dichotomic Outcomes in Epidemiological Research: Linear and Logistic Regression Analyses // Nephron Clin Practice. 2011. Vol. 118. № 4. P. 399–406.

Tröhler U. James Lind and scurvy: 1747 to 1795 // The James Lind Library. 2003. URL: <http://www.jameslindlibrary.org> (дата обращения: 03.04.2014).

Vandenbroucke J. P. The history of confounding. In: Morabia A., ed. History of epidemiological methods and concepts. Basel: Birkhäuser, 2004. P. 313–326.

Weinberg W. Die Kinder der Tuberkulosen. Leipzig: S. Hirzel, 1913. 160 p.

Winkelstein W. Jr. Vignettes of the History of Epidemiology: Three Firsts by Janet Elizabeth Lane-Clayton // Am J Epidemiol. 2004. Vol. 160. P. 97–101.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума УрО РАН «Фундаментальные науки – медицине», грант № 12-П-2-1033.

Control principles of confounders in ecological comparative studies: standardization and regressive modelss

VARAKSIN
Anatoly

Institute of Industrial Ecology, varaksin@ecko.uran.ru

SHALAUMOVA
Julia

Institute of Industrial Ecology, yulyash@gmail.com

PANOV
Vladimir

Institute of Industrial Ecology, vpanov@ecko.uran.ru

Keywords:

confounding variables
accounting confounders
standardization
risk factor
analysis of observational data
regression models

Summary:

The methods of the analysis of research data including the concomitant variables (confounders) associated with both the response and the current factor are considered. There are two usual ways to take into account such variables: the first, at the stage of planning the experiment and the second, in analyzing the received data. Despite the equal effectiveness of these approaches, there exists strong reason to restrict the usage of regression method to accounting for confounders by ANCOVA. Authors consider the standardization by stratification as a reliable method to account for the effect of confounding factors as opposed to the widely-implemented application of logistic regression and the covariance analysis. The program for the automation of standardization procedure is proposed, it is available at the site of the Institute of Industrial Ecology.

References



УДК 574.474

Применение метода анализа иерархий к характеристике экотроп в Национальном парке «Паанаярви»

МОИСЕЕВА
Татьяна Алексеевна

ФГБОУ Петрозаводский государственный университет, tima3909@rambler.ru

ВИССАРИОНОВА
Людмила Валентиновна

ФГБОУ Петрозаводский государственный университет, tima3909@rambler.ru

Ключевые слова:

Национальный парк «Паанаярви»
экологические тропы
метод анализа иерархий
критерии оценки экотроп

Аннотация:

В работе проводится детальный иерархический анализ трех экологических троп на территории НП «Паанаярви»: на водопады Мянтьюоски и Киваккакоски и на гору Киваккатунтури. Определяется наиболее интересная для школьников тропа - тропа на водопад Мянтьюоски. Выявляется наиболее приоритетный критерий для школьников при оценке ими данных экотроп - эстетическая ценность.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: С. Н. Фомичев

Получена: 22 марта 2014 года

Опубликована: 30 сентября 2014 года

Введение

В настоящее время остро стоит проблема экологического образования населения. Необходима система экологического просвещения, в которую входили бы не только средства массовой информации и экологические курсы в учебных заведениях, но и непосредственное общение человека с природой. В этом случае помогут экологические тропы, особенно если при их разработке использовались результаты фундаментальных научных исследований (Чижова, 2007).

Целью настоящей работы является оценка применимости метода анализа иерархий для перевода визуальных характеристик экотроп в количественные показатели.

Задачи исследования:

- детальный иерархический анализ трех экологических троп, используемых для школьников на территории Национального парка «Паанаярви» (Карелия), а именно: экотроп на водопады Мянтьюоски и Киваккакоски и на гору Киваккатунтури;

- определение приоритетного критерия для школьников при оценке ими экотроп в НП «Паанаярви» и выявление наиболее интересной для школьников тропы.

На предварительных этапах исследования нами было проведено детальное описание нескольких экологических троп, используемых для школьников на территории НП «Паанаярви» (Моисеева, Виссарионова, 2014).

Также было проведено анкетирование школьников старших классов, принимавших участие в работе летнего учебного лагеря «Тунтури» на территории НП «Паанаярви». Всего опрошено 20 человек. В анкетировании приняли участие школьники из Лоухского района Карелии (п. Пяозерский), Архангельской и Калужской областей. Возраст участников анкетирования – от 14 до 16 лет. Школьникам после прохождения ими экотроп была предложена анкета с целью выявить плюсы и минусы данных

маршрутов. Опрос показал, что приоритетами экотроп для школьников являются чистота и красивые пейзажи (критерий эстетической ценности, см. ниже), а также историческая ценность и разнообразие маршрута (разнообразие животного и растительного мира, смена ландшафтов) или информативность. В меньшей степени в качестве положительного аспекта школьники выделили несложность маршрута или доступность. Кроме того, по мнению опрошенных, на всех тропах преимуществ намного больше, чем недостатков (Моисеева, Виссарионова, 2013; Моисеева, Виссарионова, 2014)

Традиционные методы исследований

Метод анализа иерархий предложен для придания количественной определенности нашим суждениям об относительном вкладе в достижение намеченной цели того или иного элемента изучаемой системы (свойства, фактора, причины, критерия нашей деятельности) (Коросов, 2007, с. 32–35). Само содержание задачи состоит из трех уровней: первый, самый верхний, – это цель. Затем строится второй уровень – критерии. На третьем, нижнем, уровне ставим альтернативы, которые должны быть выражены по отношению к критериям второго уровня (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема наглядного содержания задачи

Fig. 1 Graphic illustration of the content of the task

Когда проблема представлена иерархически, составляется матрица для сравнения относительной важности критериев. Важность объекта А относительно объекта Б выражается баллом от 0 до 9, а важность объекта Б относительно объекта А – дробью (табл. 1).

Таблица 1. Шкала относительной важности (w_i/w_j) (Саати, КЕРНС, 1991; цит. по (Коросов, 2007))

Интенсивность важности	Определение	Объяснение
------------------------	-------------	------------

1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство	Опыт и суждения дают
5	Существенное превосходство	превосходство одного над другим
7	Значительное превосходство	Практически значимое
9	Очень сильное превосходство	превосходство одного над другим
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения	Применяется как компромисс
Обратные величины оценок	Если «превосходство» А над Б выражено числом 3, то «превосходство» Б над А получает значение 1/3	

Выработка количественной меры идет в три этапа. Сначала каждому элементу назначается серия оценок его важности относительно всех других элементов, принятых к рассмотрению; значения заносятся в таблицу. Например, важность критерия А по отношению к критерию В – 1/3, критерия А по отношению к критерию С – 2/1, критерия В по отношению к критерию С – 1/2 и т. д. Затем полученные оценки для каждого элемента усредняют по формуле средней геометрической: $W = \sqrt[n]{\prod w_j/w_i}$ (значок П выражает произведение нескольких членов). В завершение они суммируются ($\sum W$) и для каждого элемента рассчитывается доля средней от суммы $P_j = W_j/\sum W$ (Коросов, 2007).

Оригинальные методы исследований

Пользуясь данным методом, мы получили следующее.

Первый, самый верхний, уровень – это цель, в нашем случае это экологическая тропа для школьников. Второй уровень – это критерии, по которым мы будем выявлять наиболее интересные места для экологической тропы. Опираясь на данные литературы и собственные наблюдения, мы выделили 4 критерия:

- эстетическая ценность;
- доступность, проходимость (сложность маршрута);
- историческая значимость;
- информационная насыщенность.

Именно этим критериям должна удовлетворять экологическая тропа для школьников. Они были выбраны не случайно, т. к. каждый из критериев удовлетворяет условиям создания троп, предназначенных для школьников.

В частности, при выборе эстетической ценности в качестве критерия необходимо учитывать привлекательность окружающего ландшафта. Важно, чтобы тропа пролегла через эстетически привлекательные точки. Как отмечала В. П. Чижова (1997), привлекательность троп для посетителей складывается из трех компонентов: красоты природы, ее своеобразия и разнообразия. Каждая тропа должна быть не похожа на другие. Это своеобразие достигается тем, что ее специально прокладывают рядом с особо привлекательными объектами (интересными обнажениями горных пород, родниками).

Критерий «доступность» или «сложность маршрута» – необходимо, чтобы начало тропы находилось сравнительно недалеко от главной дороги и чтобы к нему вели хорошие подъездные пути. Это требование связано с закономерностями восприятия любой информации: посетители не должны ощущать физической и психологической усталости к тому моменту, как будет сделан первый шаг по тропе. Продолжительность экскурсии зависит от состава группы. В данном случае группа состояла из старшеклассников, которые могут проходить весь маршрут тропы с полным выбором объектов. Но сама трасса не должна быть слишком сложной для прохождения. Чрезмерная физическая нагрузка не способствует усвоению новой информации.

Критерий «историческая значимость» – до образования парка «Паанаярви» данная территория была заселена финскими жителями, имеющими свой уклад жизни, привычки и т. д. Но с наступлением войны в 1939 году жители стали покидать деревню, перебираясь в село Куусамо. Ушедшие последними успели увидеть, как финские солдаты поджигали дома, чтобы врагу не осталось укрытий. С тех пор прошло много времени, но в некоторых местах все еще можно встретить остатки фундаментов домов и других построек. И для школьников, безусловно, этот аспект интересен и познавателен.

Критерий «информационная насыщенность» – одной из целей создания школьных экологических троп является расширение кругозора детей, на тропе они получают познавательную информацию. А рассказ гида или надписи на установленных табличках несут просветительскую значимость. Таким образом, по мнению В. П. Чижовой (1997), информативность – способность удовлетворять

познавательные потребности людей в области географии, биологии, экологии и других научных дисциплин – это главное отличие экологической тропы от обычного туристского маршрута.

В качестве альтернатив мы выбрали две: экологическая тропа на водопад Киваккакоски и экологическая тропа на водопад Мянтьюкоски (рис. 2). А затем более приоритетную из этих двух троп сравнивали с третьей – тропой на гору Киваккатунтури.

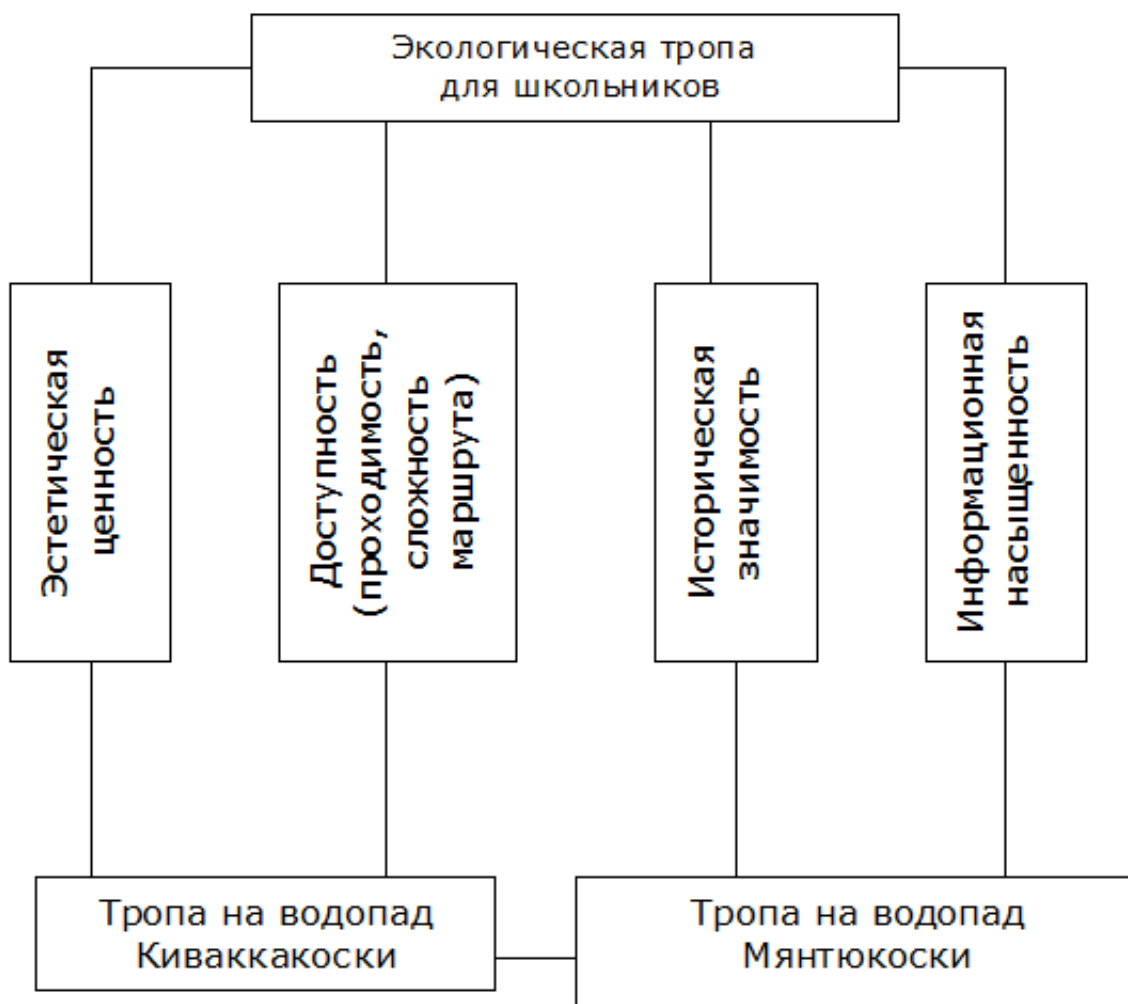


Рис. 2. Схема наглядного содержания задачи (этап 1)
Fig. 2. Graphic illustration of the content of the task (step 1)

Пользуясь табл. 1, составим таблицу относительной важности критериев экологических троп. Категории в строке сопоставляются с категориями в столбце. Так как критерий эстетическая ценность эквивалентен эстетической ценности, в первой ячейке ставим 1. Например, возьмем критерии эстетическая ценность и историческая значимость, ставим 4, т. к. историческая значимость имеет не очень сильный приоритет над эстетической ценностью. То есть умеренный проигрыш исторической значимости оцениваем $W_{ист.значимость}/W_{эстетическая\ ценность} = 1/4 = 0.25$. Аналогичным образом выполняем парное сравнение всех критериев троп.

Заполнив матрицу предпочтений, находим произведения n членов строки (P). Для ряда эстетическая ценность имеем $1 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1/3 = 4.0$. Извлекаем из произведения корень n степени (y нас $n = 4$): $W1 = \sqrt[4]{4.0} = 1.41$.

Суммируем все значения ($\sum W = 4.2$) и находим относительные величины $P1 = 1.41/4.2 = 0.34$. Проведя сортировку критериев по значениям относительной важности, получаем ряд приоритетов: эстетическая ценность (0.34) важнее проходимости (0.31), а историческая значимость (0.17) имеет меньший приоритет, чем информационная насыщенность (0.18) (табл. 3).

Наименьшую оценку школьников получили 2 критерия – историческая значимость и информационная насыщенность.

Таблица 3. Относительная важность критериев экологических троп

	Эстетическая ценность	Доступность (проходимость ы)	Историческая значимость	Информационная насыщенность	W_j	P_j
Эстетическая ценность	1	3	4	1/3	4.0	1.41
Доступность (проходимость ы)	1/3	1	3	3	3.0	1.32
Историческая значимость	1/4	1/3	1	3	0.25	0.71
Информационная насыщенность	3	1/3	1/3	1	0.33	0.76
					4.2	1.00

На основе табл. 3 относительной важности критериев и анализа анкетирования была составлена следующая диаграмма приоритетных критериев школьников при оценке ими экотроп (рис. 3).

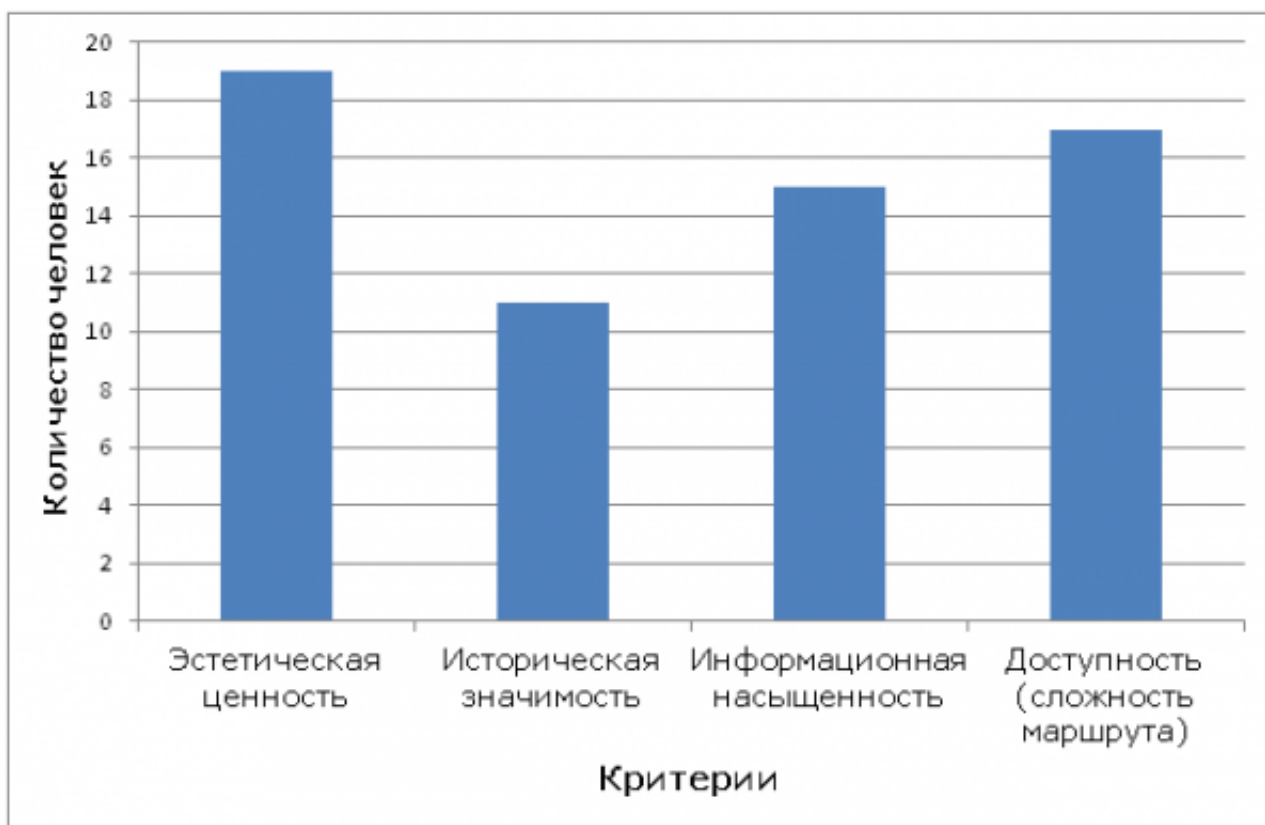


Рис. 3. Приоритетные критерии школьников при оценке ими экотроп НП «Паанаярви»
Fig. 3. Priority criteria of schoolchildren in their assessment of ecotrails in NP «Paanajarvi»

Зная приоритеты школьников (рис. 3), можно выбрать лучшую тропу по различным приоритетам (альтернативы: тропы на водопад Киваккаоски и водопад Мянтьюоски). Рассмотрим эти две тропы относительно оценок важности, умножим каждую полученную альтернативную оценку по определенному критерию на оценку значимости критерия в свете фокуса и вычислим средний балл. По тропе на водопад Киваккаоски получим 0.30, а по тропе на Мянтьюоски – 0.70. Результаты подсчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Альтернативные оценки экологических троп на водопады Киваккаоски и Мянтьюоски

по определенному критерию

Эстетическая ценность	Водопад Мянтюкоски	Водопад Киваккакоски	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	3	3	1.73	0.76
Водопад Киваккакоски	1/3	1	0.3	0.55	0.24
				2.28	

Доступность (проходимость)	Водопад Мянтюкоски	Водопад Киваккакоски	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	5	5	2.24	0.83
Водопад Киваккакоски	1/5	1	0.2	0.45	0.17
				2.69	

Историческая значимость	Водопад Мянтюкоски	Водопад Киваккакоски	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	1/5	0.2	0.45	0.17
Водопад Киваккакоски	5	1	5	2.24	0.83
				2.69	

	Водопад Мянтюкоски	Водопад Киваккакоски	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	5	5	2.24	0.83
Водопад Киваккакоски	1/5	1	0.2	0.45	0.17
				2.69	

Используя данные табл. 3 и 4, получим следующие выражения:

Водопад Мянтюкоски: $0.76 * 0.34 + 0.83 * 0.31 + 0.17 * 0.17 + 0.83 * 0.18 = 0.70$.

Водопад Киваккакоски: $0.24 * 0.34 + 0.17 * 0.31 + 0.83 * 0.17 + 0.17 * 0.18 = 0.30$.

Так как значение критерия относительной важности второй альтернативы (тропы на водопад Мянтюкоски) больше значения критерия относительной важности первой альтернативы (тропы на водопад Киваккакоски), значит наиболее интересной из двух троп для школьников представляется тропа на водопад Мянтюкоски.

Теперь, зная, какой водопад имеет приоритет у школьников, сравним его с тропой на гору Киваккатунтури.

Таким образом, цель и критерии мы оставили те же, только изменили вторую альтернативу, в нашем случае – гора (рис. 4).

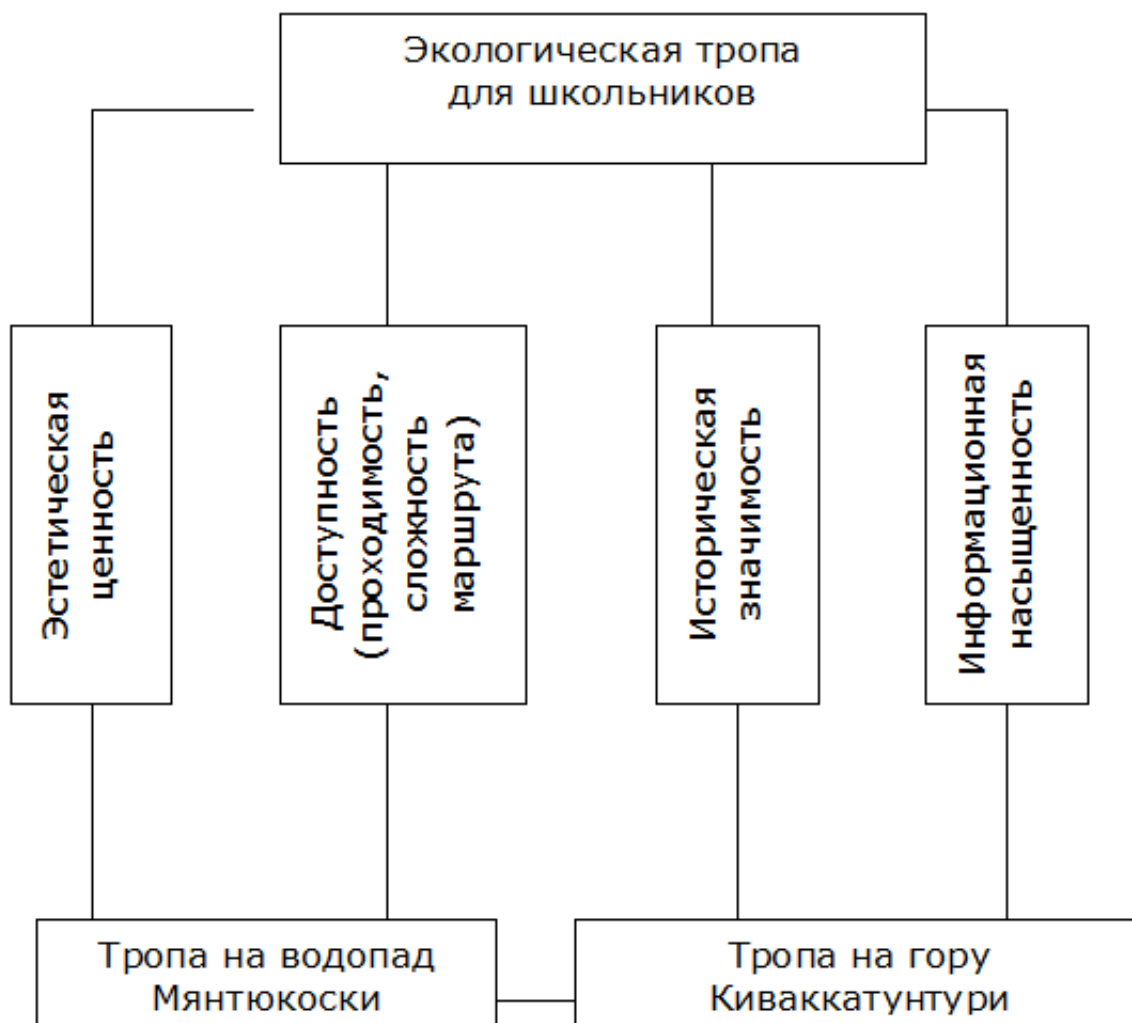


Рис. 4. Схема наглядного содержания задач (этап 2)
Fig. 4. Graphic illustration of the content of the task (step 2)

Учитывая приоритеты школьников, выбираем из 2 троп наилучшую с точки зрения выбранных нами приоритетов. Рассмотрим эти две тропы относительно оценок важности, умножим каждую полученную альтернативную оценку по определенному критерию на оценку значимости критерия в свете фокуса и вычислим средний балл, по тропе на гору Киваккатунтури получим 0.31, а по тропе на Мянтюкоски – 0.69. Результаты подсчетов представлены в табл. 5.

Таблица 5. Альтернативные оценки экологических троп на водопад Мянтюкоски и гору Киваккатунтури по определенному критерию

Эстетическая ценность	Водопад Мянтюкоски	Гора Киваккатунтури	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	3	3	1.73	0.76
Гора Киваккатунтури	1/3	1	0.3	0.55	0.24
				2.28	1.00

Доступность (проходимость)	Водопад Мянтюкоски	Гора Киваккатунтури	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	4	4	2	0,80

Гора	1/4	1	0.25	0.5	0.20
Киваккатунтури				2.5	

Историческая значимость	Водопад Мянтюкоски	Гора Киваккатунтури	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	5	5	2.24	0.83
Гора Киваккатунтури	1/5	1	0.2	0.45	0.17
				2.69	

	Водопад Мянтюкоски	Гора Киваккатунтури	П	Wj	Pj
Водопад Мянтюкоски	1	1/3	0.3	0.55	0.24
Гора Киваккатунтури	3	1	3	1.73	0.76
				2.28	

Данные табл. 3 и 5 использованы при конечном подсчете результатов и отражены в следующем выражении:

Водопад Мянтюкоски: $0.76 * 0.34 + 0.8 * 0.31 + 0.83 * 0.17 + 0.24 * 0.18 = 0.69$.

Гора Киваккатунтури: $0.24 * 0.34 + 0.2 * 0.31 + 0.17 * 0.17 + 0.76 * 0.18 = 0.31$.

Отсюда следует, что значение критерия относительной важности первой альтернативы (тропы на водопад Мянтюкоски) больше значения критерия относительной важности второй альтернативы (тропы на гору Киваккатунтури). Значит, наиболее интересной для школьников представляется тропа на водопад Мянтюкоски.

Заключение или выводы

Таким образом, методом анализа иерархий мы выявили наиболее приоритетный критерий для школьников при оценке ими экотроп – это эстетическая ценность тропы. Это неудивительно, т. к. данная смена лагеря для школьников предусматривала развитие у ребят именно эстетического интереса к НП «Паанаярви», а также знакомство с парком.

Этим же методом мы определили наиболее интересную для школьников тропу (из трех рассмотренных) – ей оказалась тропа на водопад Мянтюкоски.

Подытоживая вышеизложенное, можно сделать заключение, что метод анализа иерархий является эффективным способом перевода визуальных характеристик экотроп в количественные показатели.

Библиография

Коросов А. В. Специальные методы биометрии. [Special methods of biometrics] Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 364 с.

Моисеева Т. А., Виссарионова Л. В. Экологическая тропа как форма экологического просвещения в НП «Паанаярви» [Ecological path as a form of environmental education in NP "Paanajarvi"] // Зеленый пояс Финноскандии: Материалы международной конференции 7–12 октября 2013 г., г. Петрозаводск. Петрозаводск, 2013. С. 122–123.

Моисеева Т. А., Виссарионова Л. В. Основные приоритеты школьников при прохождении ими экологических троп в Национальном парке «Паанаярви» [The main priorities of students during the passage of nature trails in the National Park "Paanajarvi" »] // Актуальные вопросы современной науки. 2014. Раздел «Экология». № 2. [В печати]

Моисеева Т. А. , Виссарионова Л. В. Применение метода анализа иерархий к характеристике экотроп в Национальном парке «Паанаярви» // Принципы экологии. 2014. № 1. С. 15–24. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3261

Чижова В. П. Школа природы. Экологическое образование в охраняемых природных территориях. [Nature School. Environmental education in protected natural areas.] М.: Эколого-просветительский центр «Заповедники» – WWF, 1997. 128 с.

Чижова В. П. Экологические тропы – от идеи до проекта [Nature trails - from idea to project] // Тропа в гармонии с природой: Сборник российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп. М.: Р. Валент, 2007. С. 7–8.

Application of hierarchy analysis approach to the characterization of eco-trails in the National Park "Paanayarvi"

**MOISEEVA
Tatyana**

PetrSU, tima3909@rambler.ru

**WISSARIONOVA
Ludmila**

Petrozavodsk State University, tima3909@rambler.ru

Keywords:

National Park Paanajarvi
ecotrail
hierarchy analysis approach
eco-trail evaluation criteria

Summary:

The paper provides a detailed hierarchical analysis of three nature trails in the territory of NP «Paanayarvi»: the trail to the Mäntykoski and the Kivakakkoski waterfalls and that to the Kivakkatunturi mountain. The trail to the Myantyukoski waterfall was determined as the most interesting for students. The highest priority criterium for students in their assessment of ecotrail data - aesthetic value - was identified

References



УДК 57.043

Оценка экологических последствий промышленного развития в специальной экономической энергетической зоне Парса

**АКБАРПУР
Даруш**

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный
университет, dakbarpour@mail.ru

Ключевые слова:

промышленное развитие
специальная экономическая
энергетическая зона Парса
оценка экологических последствий
матрицы Леопольда

Аннотация:

Быстрое развитие промышленности в специальной экономической энергетической зоне Парса сильно повлияло на окружающую среду, для восстановления которой потребуются определенные затраты. Ущерб от воздействия промышленной зоны на окружающую среду (природные ресурсы) можно оценить как непосредственно, так и косвенно. В нашей работе с помощью ГИС-технологий исследовали экономическую энергетическую зону Парса в провинции Бушхер. Рассматривалось возможное воздействие промышленных проектов на различные среды: физико-химические, биологические и социально-экономические. Для оценки экологических последствий изменения экологических условий в районе исследований использовались матрицы Леопольда (с небольшими изменениями). Выявлены как положительные, так и отрицательные эффекты изменений в зоне Парса. Учитывая все параметры, были получены два варианта, которые сопоставлялись с помощью таблицы лоббирования. Лучшим оказался вариант С, т. к. он имел минимальный отрицательный рейтинг и максимальный положительный рейтинг.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Опубликована: 02 октября 2014 года

Введение

Оценка экологических последствий состоит из процесса исследований и формального анализа для прогнозирования эффектов воздействия данного предприятия на окружающую среду, здоровье человека и условия жизни. Бремя расходов на такие исследования ложится на строящиеся предприятия. В соответствии с 17-м принципом Заявления конференции по окружающей среде и развитию (The annual report..., 2013), следует проводить оценку всех проектов, которые могут отрицательно повлиять на окружающую среду, включая участие высших должностных лиц страны. Руководящие принципы Всемирного банка и Департамента здравоохранения (World..., 2013), Организация экономического сотрудничества и развития (Organisation..., 2013), Восточное Средиземноморское региональное бюро (WHO EMRO, 2014) способствуют защите окружающей среды. В документах Экономической и социальной комиссии Азии и Тихого океана, Организации Объединенных Наций (The United..., 2013), Экономического европейского комитета (The United..., 1947) и многих других международных организаций также подчеркивается необходимость проводить оценку экологических последствий воздействия строительной деятельности для предотвращения или снижения воздействия на природу (Strategic..., 2010). Еще на стадии создания предприятий необходимо обладать достаточными знаниями,

чтобы подготовить мероприятия для контроля за возможными отрицательными эффектами. К сожалению, в Иране и в прошлом, и даже в настоящее время оценке экологических последствий промышленного производства уделяется не так много внимания. Промышленная деятельность в основном базируется на экономических или политических соображениях, и экологические исследования не включены в план комплексного исследования. Однако начиная с 1994 г. для некоторых проектов должны были проходить экспертизу Советов по окружающей среде и экологическим последствиям (Makhdoum, 1999; The Organization..., 1999). Оценка экологических последствий происходит в три этапа: до выполнения, во время выполнения и после выполнения проекта. Очевидно, что лучше всего проводить исследования на стадии проектирования предприятия, хотя оценка экологических последствий во время выполнения и после выполнения также имеет положительные результаты для окружающей среды. В то же время преимущество в предварительном исследовании невелико, поскольку для него не предусмотрены профилактические меры. Наши исследования выполнялись во время выполнения проекта (Makhdoum, 2001; Rezania, 2002).

Материалы

На первом этапе нашего исследования мы собирали информацию о провинции Бушер. Провинция Бушхер расположена на юго-западе Ирана и занимает площадь 23170 км² (1.4 % от общей площади страны). Она вытянута узкой полосой вдоль побережья Персидского залива длиной 707 км (с 27°14' до 30°16' N и с 50°6' до 52°58' E). Приморское положение является наиболее важным фактором, который влияет на экономическую структуру и занятость населения. Население этой провинции составляет 1.2 % от общей численности населения Ирана, но в ней проживают 18,7 % рыболовов. Близость моря и морских путей сообщения вызвала развитие торговли, транспорта, транзит товаров и хранение товаров. С открытием крупных газовых месторождений в Канган, Нар и Южный Парс (105 км от побережья) и строительством газоперерабатывающих заводов и нефтехимических комплексов провинция Бушхер стала крупнейшим центром энергетики Ирана. Специальная экономическая энергетическая зона Парса (площадь около 14000 га) была сформирована и утверждена в 1988 г. Государственным советом. В настоящее время специальная экономическая энергетическая зона Парса является крупнейшим промышленным центром в Иране: 60 000 человек заняты непосредственно на производстве, еще 30 000 связаны с ним косвенно (Pars vista, 2004).

Район наших исследования расположен на юго-западе Ирана и включает месторождения в Персидском заливе (специальную экономическую энергетическую зону Парса), Национальный морской парк и залив Найбанд (около 46687 га) (простирается от 27°17'12" до 27°49'94" N и от 52°41'16" до 52°62'19" E) (рис. 1–4). Он охватывает части территории трех южных провинций (Бушхер, Хормозган, Фарс), включает земли, лежащие до 45 км от побережья – от д. Ширина до д. Чамобарак, часть города Канган (Pars..., 2004).

Здесь расположено большое число предприятий нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности, а также коммерческие порты и доки, которые стали быстро расширяться от побережья Персидского залива на расстояние 45 км вглубь материка. Крупнейшее в мире газовое месторождение южного Парса работает уже 15 лет, и каждый год несколько новых предприятий добавляется к этому комплексу (The Organization..., 1998).

На втором этапе подготовили карты провинции Бушхер для работы в среде GIS. Различные географические организации (организации управления метеорологии, геологии, геодезии, лесными, пастбищными ресурсами, водоразделами и др.) предоставили нам бумажные карты провинции. С помощью серий операций подготовили карты для GIS, нанесли все необходимые слои информации (рис. 2, 4), которые были использованы в дальнейшем, а также создали базу данных (табл. 1). Таким образом, анализ базы данных с помощью GIS содействовал проведению оценки.

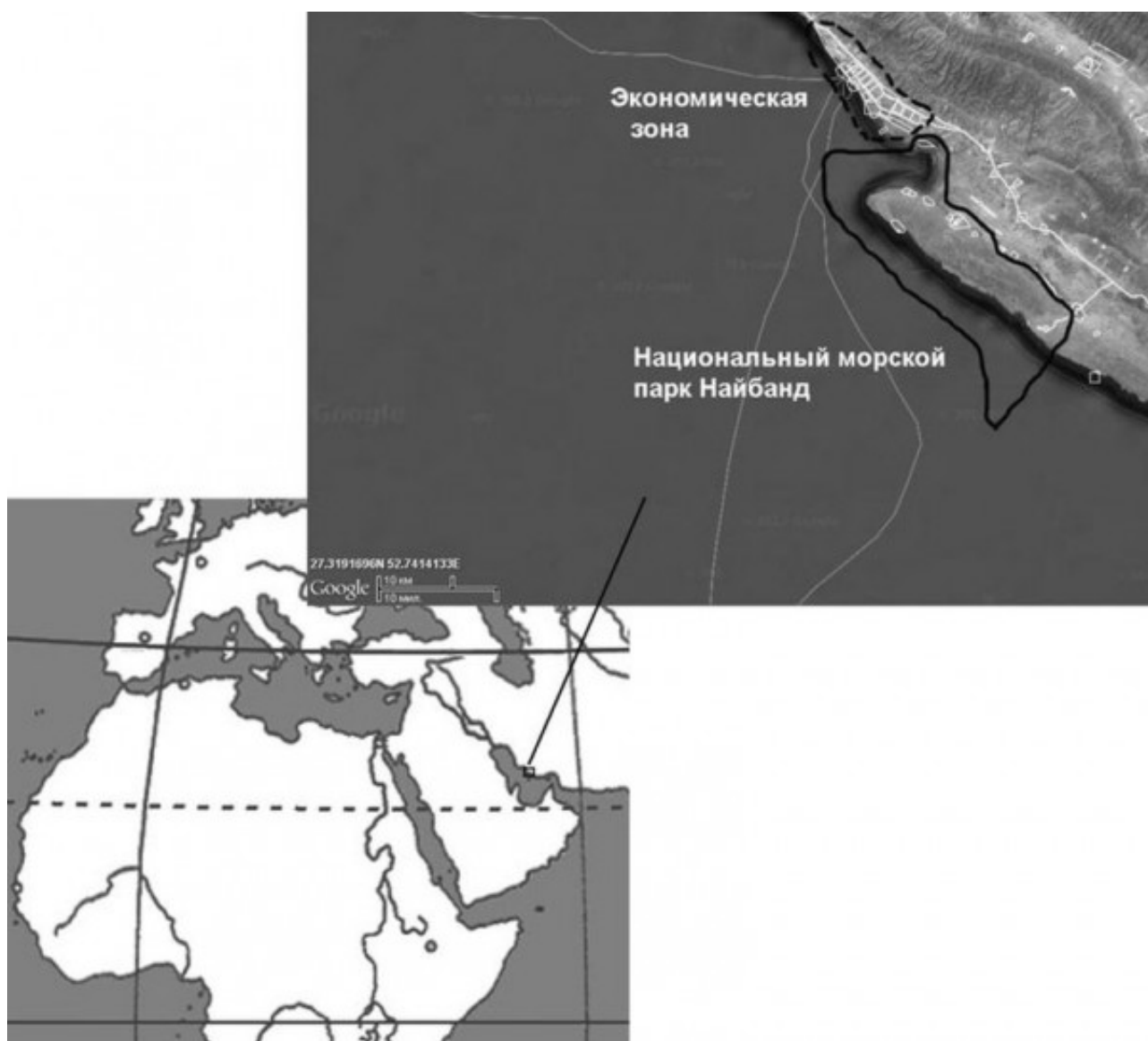


Рис. 1. Местоположение района исследования и отбора проб, расположенное рядом с морским парком Найбанд и специальной экономической энергетической зоной Парса (пунктир). (Использованы картографические материалы с сайтов: <http://wikimapia.org> и <http://map.ucoz.com>.)

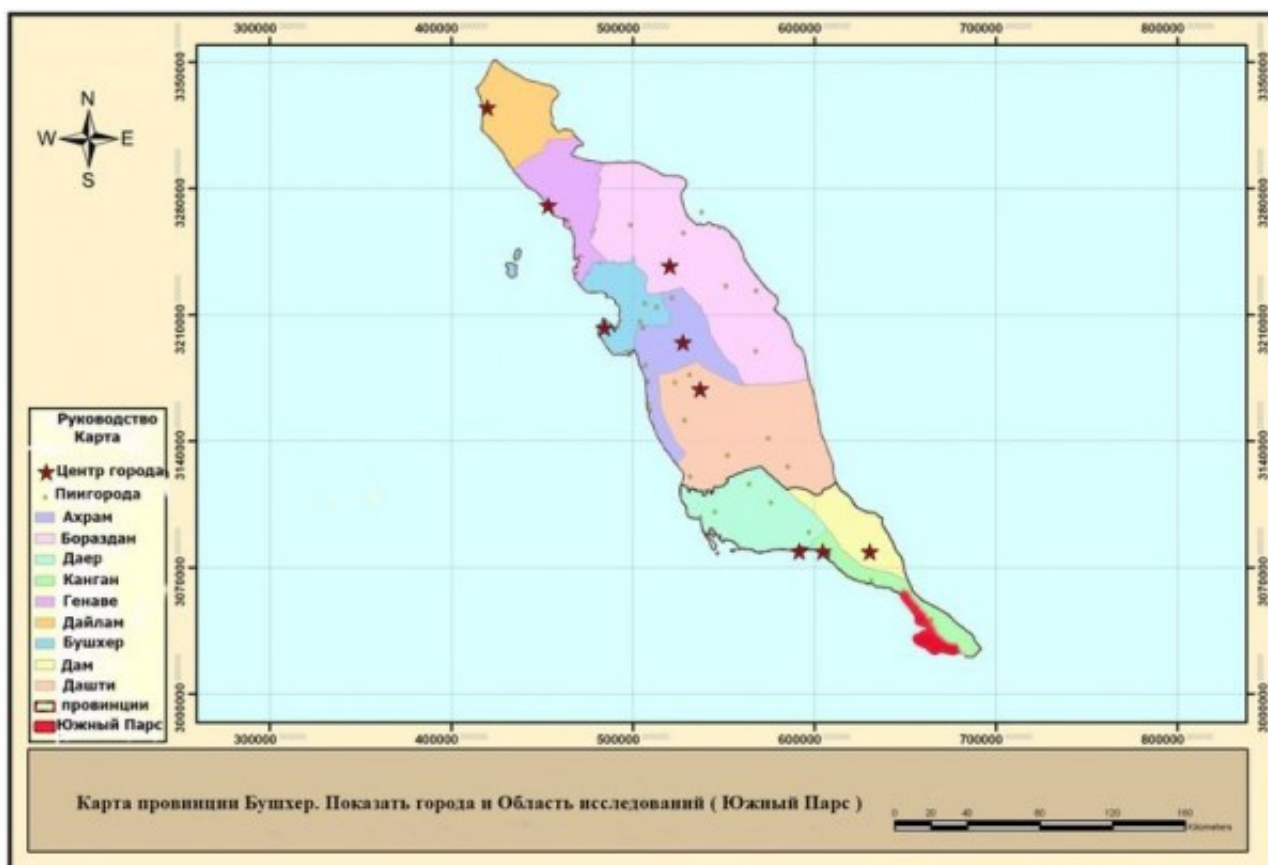


Рис. 2. Карта GIS провинции Бушхер, города и области исследования территории «Южный Парс» (Akbarpour, 2008)

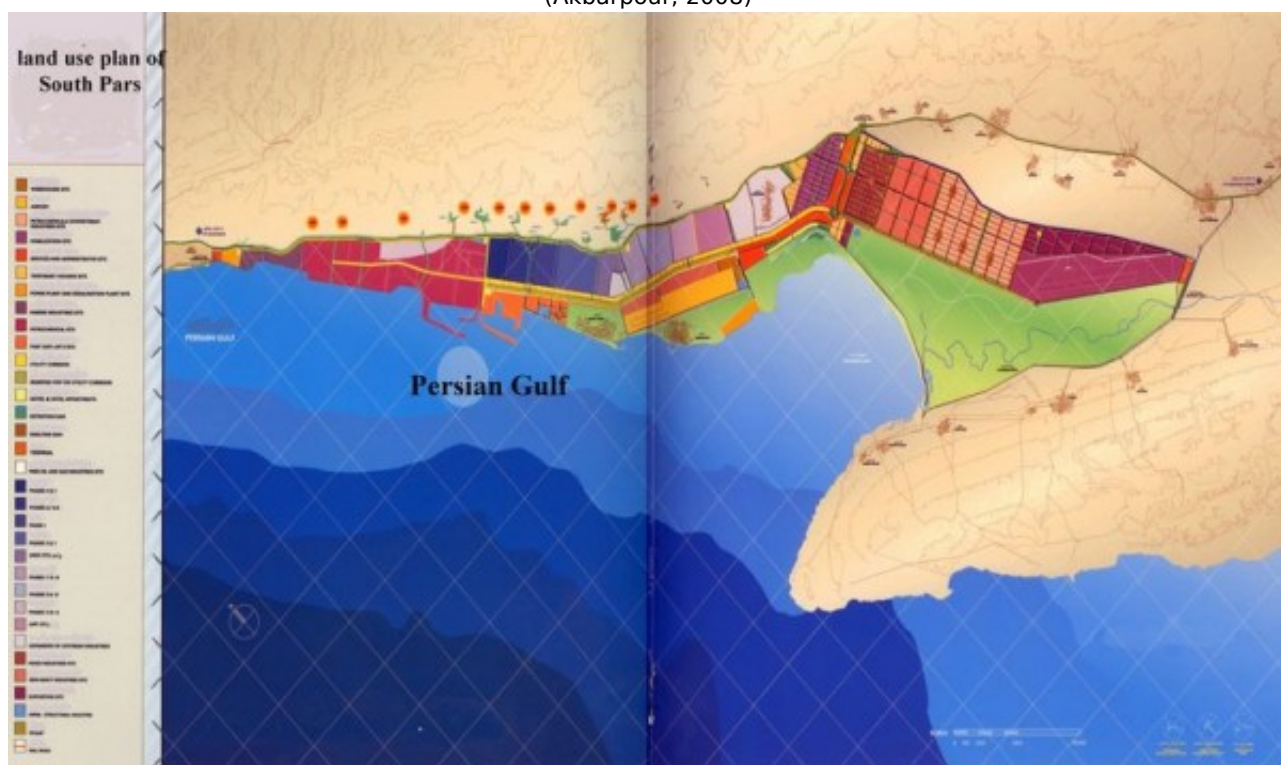


Рис. 3. План землепользования в специальной экономической энергетической зоне «Южный Парс» (The Organization..., 1998).

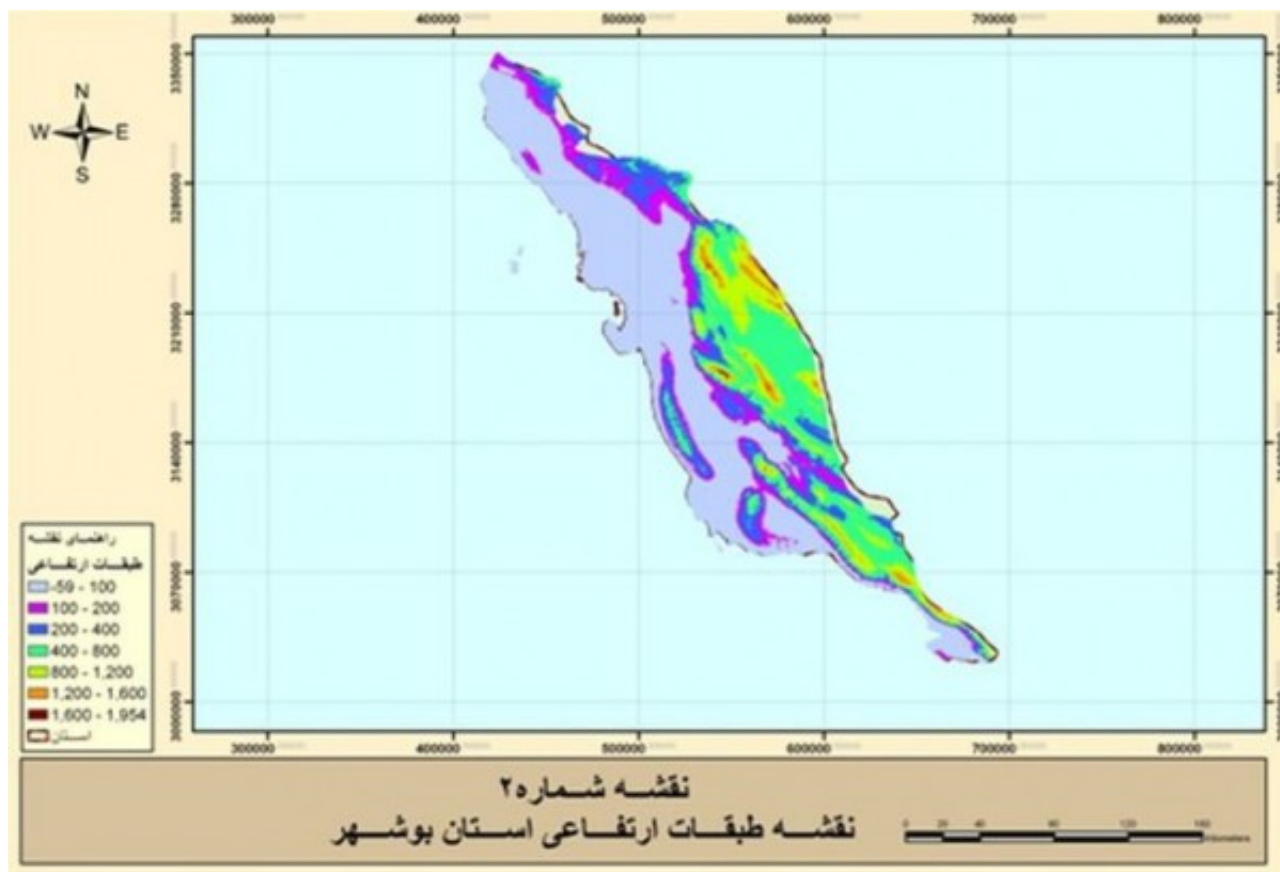


Рис. 4. Карта GIS провинции Бушхер, классы – высота над уровнем моря, м

Таблица 1. Профиль слоев данных и их значимость на основе экологических критериев и булевой алгебры (Makhdoum, 2001)

Слой	Карта	Критерии	Соотношение	
высота	высота классов	высота 400 – 1800 м	1	Соответствующие
		высота < 400 м	0	Несоответствующее
наклон	склон классов	наклон < 15 %	1	Соответствующие
		наклон > 15 %	0	Несоответствующее
климат	климат классов	засушливые пустыни	1	Соответствующие
		умеренный и теплый		
		высокий, сухая умеренный и теплый	0	Несоответствующее
растительность	растительность классов	бедные пастбища - нет растительности	1	Соответствующие
		богатые пастбища смешанные земли и леса сады и виноградники	0	Несоответствующее
геология	геологическая формация	другие формации	1	Соответствующие
		Qf-Qt 2-Qt3	0	Несоответствующее
водный путь	водный путь	предел > 500 м	1	Соответствующие
		предел	0	Несоответствующее
регионы под руководством организаций защиты окружающей среды	охраняемые регионы	предел > 30 км	1	Соответствующие
		предел	0	Несоответствующее
политические разногласия в исследованной области в провинции	политические разногласия	город Канган, плотина	1	Соответствующие

Бушер		другие города	0	Несоответствующие
землепользование	землепользование		1	Соответствующие
			0	Несоответствующее
городские и сельские точки	города и деревни	предел>30 Кмиз больших городов	1	Соответствующие
		предел из больших городов	0	Несоответствующее
сеть связь	сеть связь	предел > 500 м	1	Соответствующие
		предел	0	Несоответствующее

Методы

Существуют различные методы для оценки воздействия промышленности на окружающую среду, наш выбор пал на метод матриц Леопольда. Матрица Леопольда – это наиболее гибкий метод, всеобъемлющий в различных средах (физико-химические, биологические, экономико-социальные). Тем не менее этот метод имеет некоторые недостатки. Например, неспособность к выявлению непрямых, опосредованных воздействий на окружающую среду, кроме того, с помощью этого метода нельзя выбрать предпочтительный вариант. Поэтому, в соответствии с исследованным районом, мы немного изменили матрицу и добавили к ней чек-лист (табл. 7) для возможности спрогнозировать воздействия. Несмотря на имеющиеся недостатки, матрица Леопольда является наиболее подходящим (гибким и наглядным) методом оценки влияния на окружающую среду, поэтому и была использована в нашем исследовании.

Матрица Леопольда в первый раз была введена экологом Луна Леопольдом и его коллегами в отделе картографии США (Leopold et al., 1971). Матрица представляет собой таблицу, в которой в столбцах указываются различные виды деятельности по проекту, а в строках – компоненты окружающей среды. Пересечение строк и столбцов в матрице, при котором наблюдаются ожидаемые последствия, показаны диагональной линией. На линии в матрице указывают номер (от 1 до 10), номер над диагональной линией показывает величину эффектов, номер под диагональной линией – важность эффекта, цифра 1 указывает низкое значение, цифра 10 – высокое, цифра 5 – среднее значение. Если значение является негативным, перед цифрой ставится минус. После заполнения таблицы необходимо найти суммарную интенсивность воздействия для каждого варианта. Для этого надо перемножить цифры для каждого пересечения (величина * важность) и найти сумму полученных данных. Таким образом мы получим данные о влиянии всей проектной деятельности на экологические параметры (Makhdoum, 1999; Tabibian, 2004). Влияние проектов на окружающую среду было проанализировано в два этапа. Вначале по упрощенной схеме оценивали все три проекта - А, В, С (табл. 2-3), (экологический эффект оценивали по четырехбалльной системе: 0 – нет эффекта, 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий). Затем для определения наилучшего варианта из двух (В, С) использовались матрицы Леопольда и чек-лист (табл. 4-6, 7): выбирался вариант с наиболее высокой положительной оценкой. Прогноз строился на перспективу развития промышленных проектов в ближайшие 20 лет.

Результаты

На этапах проектирования и строительства комбината не были учтены экологические требования, и теперь в этой зоне появились большие проблемы с охраной окружающей среды. В нашей работе основное внимание уделялось исследованию не потенциального, а посредственного воздействия комбината на окружающую среду.

Оценка экологических последствий выполняется для прогнозирования возможного влияния данного проекта на окружающую среду, последствий этого влияния, описания возможных сценариев развития. Анализируются все предложенные варианты развития проекта, все благоприятные и неблагоприятные последствия реализации каждого объекта. Одной из целей данной оценки является исследование реализуемости проекта с минимальным воздействием на окружающую среду (Thomas, 2004), такой вариант и выбирается.

Варианты развития ситуации были определены следующим образом.

А вариант – нереализованный план. **В** вариант – реализованный план без учета экологических соображений. **С** вариант – реализованный план с учетом экологических соображений.

Вариант **А**, нереализованный план: отсутствие промышленного объекта. Учитывая близость этого региона к крупнейшему газовому месторождению в мире (8 % мировых запасов), а также конкуренцию между двумя странами (Иран и Катар) за добычу газа с данного месторождения, вариант **А** экономически и политически невозможен. Поэтому от анализа этого варианта мы отказались.

Вариант **В**, реализованный план без учета экологических соображений. Цель варианта **В** – определить, возможен ли проект без принятия мер по сокращению неблагоприятных последствий или нет. Таким образом, для этого варианта необходимо исследовать и указать последствия воздействия проекта на окружающую среду – физико-химические, биологические, экологические и социально-экономические структуры (Jose, 2006). Вариант может быть рассмотрен с двух сторон. С одной стороны, предлагаемый план может не иметь существенных негативных последствий и значительные дополнительные расходы (с использованием оборудования для сокращения загрязнителей) можно будет избежать. С другой стороны, следует выполнить анализ варианта **В** для учета потенциальных негативных последствий. Потенциальные негативные последствия можно оценить на основе знания источников потенциального воздействия. Источником загрязнения могут быть муниципальные и промышленные сточные воды. Основным источником загрязнения являются крупные промышленные центры, такие как газоперерабатывающие заводы, нефтехимические заводы, отрасли, близкие к нефтяной промышленности, сельскохозяйственной деятельности, рыболовству и строительной деятельности, оперативно действующие или находящиеся на стадии развития. Установлено, что деятельность этих центров негативно влияет на состояние воздуха, почвы, воды и окружающей среды в целом, что приводит к загрязнению прибрежных вод (Consulting, 2004) в дополнение к высокому загрязнению воздуха в регионах, разрушение происходит до деградации морской среды. Водные экосистемы обладают высокой чувствительностью, их загрязнение ведет к серьезной деградации экосистем и утрате биоразнообразия в регионе (эти экосистемы являются местообитанием для многих видов кочующих и местных животных) (Dabiri, 2007). На охраняемых территориях (залив Найбанд в морском национальном парке Найбанд) этот эффект наиболее заметен и предсказуем, т. к. они находятся под непосредственным влиянием и уничтожение этих экосистем будет реальным. Также увеличилась эксплуатация других промышленных объектов – возрастут объемы строительства в центре и транспортная нагрузка, что приведет к увеличению и расширению негативного воздействия в регионе, особенно на водные экосистемы. Таким образом, в соответствии с реализацией плана **В**, прибрежная зона подвергается негативным воздействиям, которые приведут к негативным экономическим последствиям на национальном и региональном уровнях. От промышленного развития пострадают все основные компоненты окружающей среды, в том числе сельскохозяйственные угодья, пастбища, мангровые леса, подземные воды. В то же время, этот промышленный регион благодаря высокому уровню занятости населения, может сыграть важную роль в решении проблем безработицы в стране Иран с быстро растущим населением.

Вариант **С**, реализованный план с учетом экологических соображений. Выполнение этого варианта (в отношении мер по сокращению неблагоприятных последствий) может предотвратить ухудшение состояния окружающей среды. Анализ этого варианта освоения территорий при сопоставлении с другими вариантами дает возможность прийти к важным выводам относительно развития региона. В результате успешного осуществления этого варианта на стадии проектирования может быть предусмотрено снижение силы воздействия (в том числе объемов загрязняющих веществ) на окружающую среду.

После определения вариантов мы постарались выявить возможные эффекты каждого из предлагаемых вариантов на основании значимости и величины эффекта.

Вследствие несоблюдения экологических требований на этапе строительства изучаемая зона является также и самой неблагоприятно воздействующей на окружающую среду. Строительство крупного промышленного центра оказывает косвенное и фактическое воздействие на окружающую среду. Анализ косвенного влияния проекта является наиболее важной частью нашего исследования.

Вначале влияние проектов **А**, **В**, **С** на окружающую среду было проанализировано с помощью табл. 2–3. Полученные данные также указывают на то, что вариант **С**, по сравнению с другими вариантами, оказывает меньшее неблагоприятное воздействие на окружающую среду. В качестве региональных экологических единиц взяли сельскохозяйственные угодья, сады, пастбища, мангровые леса, грунтовые и поверхностные воды, море.

Используя матрицы Леопольда, мы проанализировали два варианта проектов **В** и **С**, переведа

качественные показатели в количественные. Если проект оказывает на факторы окружающей среды только положительное влияние, у него будет наивысшая оценка (+10), если только негативное – отрицательная (-10). Далее, чтобы сравнить два варианта проекта между собой, рассчитывали сумму оценок по каждому столбцу, эти суммы сопоставлены в табл. 7. Самым лучшим вариантом, на долю которого приходится наибольшее количество баллов, оказался вариант С. На основе анализа табл. 4–6, а также чек-листа (табл. 7), исходя из суммы оценки, вариант С, по сравнению с вариантами А и В, был признан лучшим.

Таблица 2. Оценка трех вариантов (А, В, С) развития ситуации на крупные регионально-экологические компоненты (баллы экологического эффекта: 0 – нет эффекта, 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий)

Вариант	Земли сельского хозяйства и сады	Пастбища	Борьба с наводнениями при высоком уровне грунтовых вод	Сумма
А	0	2	3	5
В	1	2	0	3
С	0	1	0	1

Таблица 3. Экологические последствия трех предложенных вариантов от твердых отходов и сточных вод промышленных центров на крупные региональные экологические единицы

Типы воздействия	Вариант	Земли сельского хозяйства и сады	Пастбища	Мангровые леса	Грунто-вые воды	Поверх-ност ные воды	Море	Сумма
Сточные воды	А	0	2	2	3	3	3	13
	В	2	1	1	1	1	2	8
	С	1	0	0	1	1	1	4
Твердые отходы	А	0	1	2	3	3	2	11
	В	1	1	1	1	1	2	7
	С	0	0	0	0	1	1	2

Таблица 4. Фактическое и косвенное влияние на биологическую среду при реализации варианта С в исследуемом районе

	Тип Влияния	
	фактическое	косвенное
Биологическая среда	Уничтожение растительности в исследованной области, особенно в промышленных районах. некоторых объектов в маргинальных местах обитания в исследованной области, таких, как зеленые проекты в регионе и строительство сетей электроснабжения	Сокращение видового разнообразия в регионе в связи с ограничениями условий окружающей среды для жизни растений и животных в регионе, особенно в больших высотах просто пищевой цепи
	Развлекательные мероприятия и прогулки Долгосрочное урегулирование пользователей непосредственно воздействие на элементы, составляющие местообитания региона Изменение физико-химических компонентов региона, особенно региональных почв и водных ресурсов, уничтожение мест обитания животных региона	На обитание диких животных в регионе (морской национальный парк и залив Наибанд) воздействуют различные виды загрязнений от строительства. Особенно загрязнения воздуха и воды, звуковое загрязнение

Таблица 5. Фактическое и косвенное влияние на физико-химическую среду при реализации

варианта С в исследуемом районе		
	Тип Влияния	
	фактическое	косвенное
Физико-химическая среда	В исследуемой области повреждена физическая структура почвы (из-за строительства таких дорог, как г. Асалуеа, г. Шираз, которая используются для промышленного и жилищного строительства в регионе) Следует отметить, что основные изменения в этой секции от строительства являются расчетными. Создает шумовое загрязнение в регионе особенно в областях, где промышленные объекты расположены поблизости от жилых районов. (В результате всех мер, связанных с этапами строительства)	Процесс сокращение уровня грунтовых вод; подземные грунтовые воды в регионе наиболее важный источник водоснабжения для определенного типа проекта.

Таблица 6. Фактическое и косвенное влияние на экономическую и социальную среду при реализации варианта С в исследуемом районе

	Тип влияния	
	фактическое	косвенное
Экономическая, социальная среда	Фундаментальные изменения в статусе В связи с новым планом развития происходит удаление прежних областей , например, области занятые военными и земли сельскохозяйственного назначения в регионе Приобретение земли у владельцев существующих областей, недовольство и сопротивление владельцев новым планом развития	Изменения в распределении моделей существующих приложений и их организации в виде предлагаемых планов. Увеличение миграции в регион Развитие городской инфраструктуры, необходимой для обеспечения жителей, проживающих в области. Широко распространенные коммуналки, положительное влияние на легкость доступа к шоссе и другим городам за счет строительства подъездных дорог Создание новых рабочих мест Положительное влияние на увеличение инвестиций в регион

Таблица 7. Сравнение чек-листа предлагаемых вариантов В и С в физико-химических и биологических и человеческих средах [Akbarpour , 2008]

Среда	Компонент среды и последствия вариантов	Оценки					
	экологически	Вариант 1(В)	При-рода	Вариант 2(С)	При-рода		
	компоненты	+	-	+	-		
физико-хими- ческая	качество пов- ерхностных вод	-	37	-37	-	22	-22
	расход повер- хностных воды	-	27	-27	-	27	-27
	качества подземных воды	-	55	-55	-	4	-4
	уровень грунтовых воды	-	70	-70	-	22	-22
	качества воздуха	-	36	-36	-	30	-30
	Город индуцирован- ные	-	1	-1	-	1	-1

биологическая	сейсмических					
	форма земля –	11	-11	–	60	-60
я	структуру –	23	-23	6	71	-65
	почвы					
	эрозия почвы –	7	-7	25	64	-39
	потенциалны –	10	-10	8	13	-5
	е или					
	возможности					
	Земля					
	звук или шум –	37	-37	6	49	-43
	безопасности –	30	-30	6	11	-5
	местообитани					
я	разнообразие –	22	-22	5	6	-1
	видов диких					
	животных					
	редкие и –	12	-12	–	6	-6
	исчезающие					
	виды					
	деревья –	4	-4	4	1	3
	кустарники –	4	-4	–	3	-3
	травостой –	4	-4	–	3	-3
	плотность –	15	-15	–	9	-9
социально-эк	населения					
	трафик 2	81	-79	20	91	-71
ономическая	увеличение –	4	-4	–	2	-2
	население в					
	городах					
	увеличение –	18	-18	–	28	-28
	население в					
	регионе					
	общественно –	13	-13	20	4	16
	е здоровье					
	миграция в 4	–	4	18	–	18
	регионе					
	социально-быт11	–	11	89	–	89
	товые					
	объекты					
	системы –	28	-28	12	2	10
	удаления					
	отходов					
	главный план 40	35	5	57	35	22
	структура 28	–	28	40	–	40
	занятости					
	безработица 15	–	15	210	–	210
	землепользов 26	13	13	102	–	102
	ание					

Таблица 8. План землепользования в специальной экономической энергетической зоне Парса (The Organization..., 1998)

Площадь, га	Объект
1800	Месторождение нефти и газа
1320	Нефтехимическое месторождение
1000	Месторождения отраслей, смежных с нефтехимическими
250	Промышленный комплекс
300	Отрасль полутяжелых металлов
250	Зона временного жилья
30	Электростанция и опреснительные установки
1000	Зона озеленения и парков
200	Склады
250	Инфраструктурный сервис
200	Порты и логистика
300	Отрасль тяжелых металлов
300	Зона защиты окружающей среды
1200	Дороги и каналы
1200	Аэропорт и инфраструктура
9600	Сумма

Обсуждение

Специальная экономическая энергетическая зона Парс была основана и утверждена Государственным советом в 1998 г. В течение прошедшего десятилетия различные виды промышленности (нефтяная, газовая и нефтехимическая, промышленность, зависящая от нефтяной, коммерческих портов и доков) стали быстро расширяться (до 45 км вглубь от побережья Персидского залива). Цель создания промышленных объектов – добыча газа из крупнейшего месторождения газового поля в мире – южный Парс (8 % мирового запаса газа). В настоящее время этот регион является крупнейшей промышленной зоной в Иране (рис. 5).



Рис. 5. Газоочистительный завод (фото А. Фазели)

Из-за конкуренции с Катаром за использование газа в этом регионе не соблюдаются экологические требования, вследствие чего произошло много изменений в окружающей среде. К сожалению, теперь экологическая деградация почвы, моря и воздуха совершенно очевидна и создание других промышленных проектов приведет к дальнейшему разрушению окружающей среды. Нами обнаружено, что на площади около 12000 гектар при раскопках на среднюю глубину 2 метра растительная зона была полностью уничтожена из-за быстрого развития промышленности (Akbarpour, 2008). Наиболее сильное загрязнение растительные и водные объекты получают из городских и промышленных центров в виде сточных вод, в числе обнаруженных загрязнителей – сульфаты, хлориды, тяжелые металлы, колиподобные бактерии и др. После попадания стоков в водные экосистемы может начаться деградация флоры и фауны региона, общее уменьшение биоразнообразия и даже вымирание многих видов ценных растений и животных. К сожалению, эти явления уже наблюдаются. Прямое уничтожение природных объектов (рис. 6), загрязнение прибрежных районов (рис. 7) с красивыми коралловыми рифами (рис. 8) и морского национального парка Найбанд (рис. 9), привело к тому, что в этих районах многие виды находятся на грани исчезновения (рис. 10).



Рис. 6. Уничтожение мангровых лесов на побережье Национального морского парка Найбанд в результате строительства отелей (фото М. Мабуби)

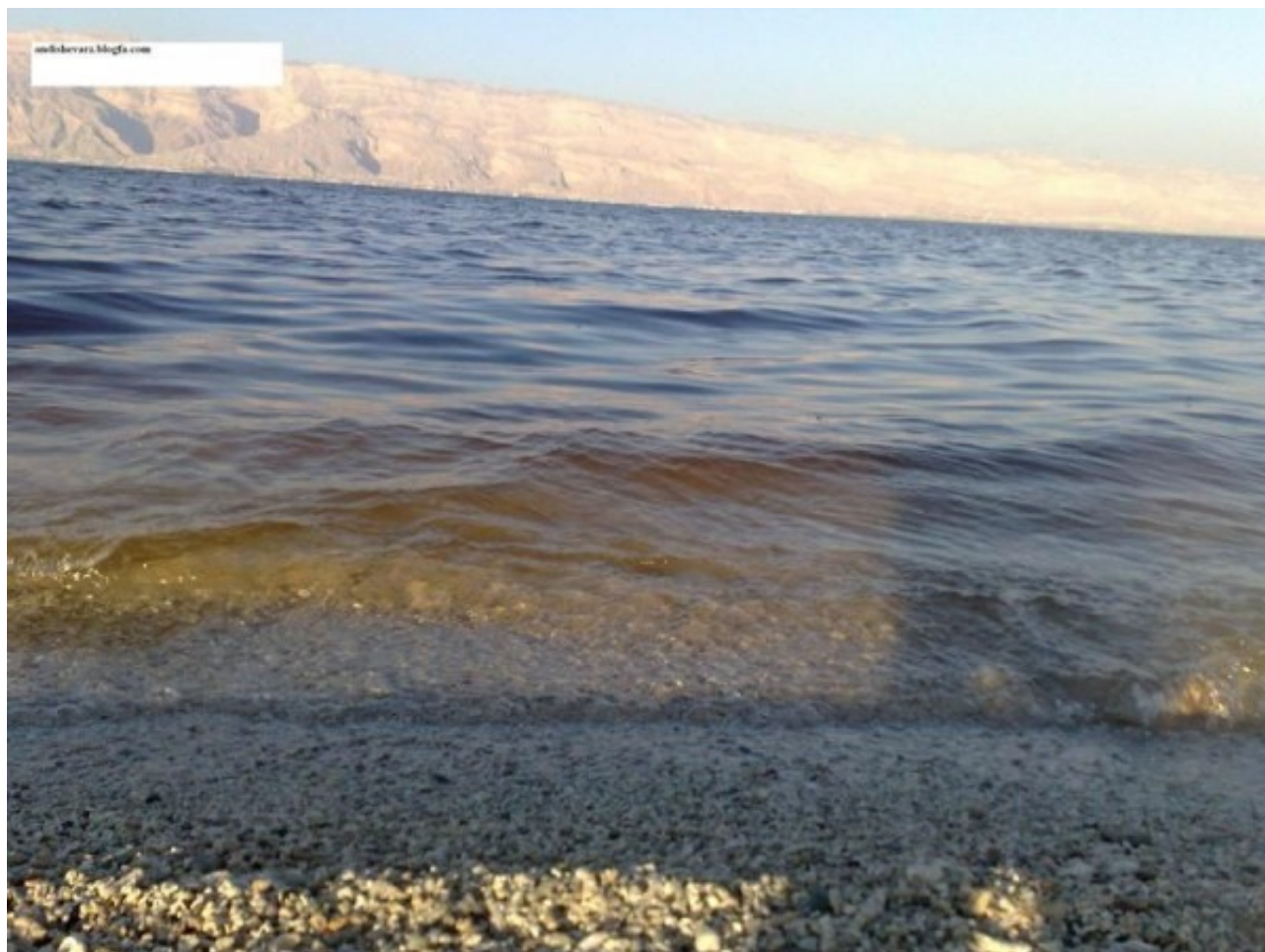


Рис. 7. Красный прилив в прибрежных водах Найбанд из-за загрязнения морской среды



Рис. 8. Кораллы Персидского залива (фото А. Мотарами)



Рис. 9. Мангровые леса (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) на побережье Национального морского парка (фото Д. Акбарпура)



Рис. 9. Трупы рыб, погибших по время "красного прилива" (фото А. Резвани)

При оценке влияния проекта на социально-экономическую среду важно учитывать прирост населения на 4 % в городах (ближайшие города, недалеко от области исследования) в связи с ростом промышленного развития и создания рабочих мест. Ожидается значительное увеличение темпов прироста населения и стоимости недвижимости в изученном районе (г. Канган). Общее воздействие проекта на занятость населения и стоимость недвижимости оценивается положительно.

Велико воздействия проекта освоения территорий и на здравоохранение: в этой области организованы 2 больницы, 21 медицинский центр и 80 больничных кроватей, однако возможности посещения для населения малы. Так что в краткосрочной перспективе в этом отношении будет наблюдаться незативная тенденция. В соответствии с новой долгосрочной перспективой развития специальной экономической энергетической зоны Парса строительство новых объектов здравоохранения и центров лечения не является приоритетным.

Несмотря на требования природоохранных организаций включить экологические нормативы в проектирование промышленных объектов, по ряду причин этого не делается. До сих пор не проводится оценка экологических последствий, нет никаких требований к отчетности о влиянии промышленных объектов на окружающую среду. Промышленная деятельность должна быть совместима с окружающей средой, должна соответствовать целям устойчивого развития. Экономическая политика, финансы, торговля, энергетика, сельское хозяйство и промышленность должны быть скорректированы между собой, т. е. развиваться в соответствии с целями устойчивого развития, устойчиво экономически, социально и экологически.

Заключение

Влияние предполагаемого проекта на окружающую среду должно рассчитываться с учетом соблюдения экологических требований как на стадии строительства, так и на этапе эксплуатации, и даже после этого есть большой шанс, что эти объекты могут оказывать косвенное и фактическое влияние, быть обратимыми или необратимыми, краткосрочными или долгосрочными. Эти эффекты будут

прослеживаться в физико-химических, биологических и экономико-социальных средах.

Оценка экологических последствий промышленных объектов – ключевой шаг на пути к достижению целей устойчивого развития. Загрязнения промышленной среды могут быть сведены к минимуму. Оценка экологических последствий промышленных объектов в специальной экономической энергетической зоне Парса является одним из важнейших моментов. Власти должны рассмотреть конкретные области, отведенные для новых проектов, и провести исследования для каждого такого объекта. Анализ диапазона экологических последствий показывает, что развертывание других промышленных и жилых центров в этой зоне невозможно, существующие жилые центры должны быть постепенно перемещены из данной области.

Библиография

Akbarpour D. Site selection of residential area around Pars special economic energy zone and its environmental impacts using GIS. M. Sc Thesis in Environmental Science. Branch of Pollution / Islamic Azad University. Science and Research. 2008. P. 101. URL: <http://srbiau.ac.ir/Files/environment/19982.pdf>

Strategic Environmental Assessment of hydropower on the Mekong mainstream. Final report. Prepared for the Mekong River Commission by ICEM – International Centre for Environmental Management. October 2010. URL: <http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/Consultations/SEA-Hydropower/SEA-Main-Final-Report.pdf>

Dabiri M. Handbook of Environmental Pollution. Tehran. Iran Press, 2008. Vol. 5. P. 62-69.

WHO EMRO: Eastern Mediterranean Regional Office. 2014. URL: <http://www.emro.who.int/index.html>

Leopold L. B., Clarke F. E., Hanshaw B. B., Balsley J. R. A procedure for evaluating environmental impact // Geological Survey Circular 645. Government Printing Office, Washington, D.C. 1971. 13 pp.

Makhdoum M. Environmental Impacts Assessment . Tehran University Press. Tehran. Iran, 2001. P. 142-149.

Makhdoum M. Handbook of Foundation of Land use plan. Tehran University Press Tehran. Iran, 1999. P. 63-94.

Pars vista. Consulting Engineers, Development Project, investigation of industrial Possibilities in Bushehr Province, 2004. <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.investiniran.ir%2Fen%2Ffilepool%2Fdownload%2F1c7f0f076f23490bb6d21ccd81157003%3Fredirectpage%3D%252Fen%252Fbook&ei=nfsrVJWiAsLnygOGuoK4AQ&usg=AFQjCNEeoeEUMUKrXroNFLPX8yin5xShoA&bvm=bv.76477589,d.bGQ&cad=rjt>

Rezania M. Environmental Impact Assessment of the Population settlements In the area 22 of Tehran and urban management strategies, M. Sc Thesis in Environmental Science. Branch of Pollution / Islamic Azad University. Science and Research. 2002. P. 76.

The annual report reviews the work the Economic and Social Commission for Asia Pacific. 2013.

The Organization of Environmental Protection, Environmental Criteria and standards regarding in the field of human environment, Publication of Tehran. Vol. 2. Tehran. Iran, 1999.

The Organization of the Pars Special Economic Energy Zone. Bushahr. Assaluea. Iran, 1998.

The United Nations Economic and Social Commission for Asia And the Pacific (UN ESCAP). URL: <http://www.unescap.org/>

The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE or ECE) was established in 1947 to encourage economic cooperation among its member states.

Благодарности

Автор искренне признателен редколлегии журнала "Принципы экологии" за оптимизацию варианта текста на русском языке.

Assessment of environmental impact as a result of industrial development in the Pars special economic energy zone

**ACBARPUR
Darush**

St.-Petersburg state university, dakbarpour@mail.ru

Keywords:

industrial development
Pars special economic energy zone
environmental impact assessment
Leopold matrices

Summary:

In the Pars special economic energy zone, the rapid industrial development has been affecting the environment severely. In order to restore the environment, definite expenses are necessary. The damaging effect on the environment (natural resources) caused by the industrial zone can be assessed directly or indirectly. To investigate the Pars economic zone in the province Bushehr, GIS-methods were used. Possible impact of industrial projects on different media: physical and chemical, biological, social and economic was considered. In order to estimate the ecological consequences of the changes of ecological conditions in the area investigated Leopold matrices (with some modifications) were used. As a result, both positive and negative changes were revealed in the Pars zone. Taking into account all parameters, two variants were proposed and compared using lobbying tables. Variant C seemed the best, as having minimal negative and maximal positive rating

References



УДК 678.743:579.26

Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров по реакции почвенной микрофлоры и цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz

ЕЛЬКИНА
Татьяна Сергеевна

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, tatyana_1@inbox.ru

ДОМРАЧЕВА
Людмила Ивановна

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-alga@mail.ru

ХИТРИН
Сергей Владимирович

Вятский государственный университет, tzb_khitrin@vyatsu.ru

ФУКС
Софья Львовна

Вятский государственный университет, tzb_fuks@vyatsu.ru

ДЕВЯТЕРИКОВА
Светлана

Вятский государственный университет, tzb_kaf@vyatsu.ru

Владимировна
Ключевые слова:

фторполимеры
СКФ-26
почвенная микрофлора
почвенные водоросли
цианобактерии
микробиоты

Аннотация:

В окружающую среду постоянно поступают и циркулируют в ней вещества, искусственно синтезированные человеком и, следовательно, не свойственные природе. Одним из наиболее массовых отходов производства фторкаучука СКФ-26 являются маточные растворы, попадающие в окружающую среду вместе со сточными водами химических предприятий. До настоящего времени для этих соединений предельно допустимые концентрации не установлены, т. к. их считают практически безопасными. Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров, проведенное по реакции почвенных водорослей, цианобактерий и микробиот, показало, что отходы производства фторкаучука СКФ-26 не являются безопасными или нейтральными для данных групп микроорганизмов. Особенно ярко токсичность высоких концентраций маточного раствора СКФ-26 проявляется в водной среде по губительному воздействию на тест-организм *Nostoc paludosum*. Полевые опыты подтвердили токсичность не только самих маточных растворов, но и возможных продуктов их превращений, что четко иллюстрирует изменение структуры микробиот, в которых происходит прогрессирующее нарастание популяций с меланизированным мицелием.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Введение

В окружающую среду постоянно поступают и циркулируют в ней вещества, искусственно синтезированные человеком и, следовательно, не свойственные природе. В загрязненных экосистемах происходит поглощение этих веществ и продуктов их деструкции различными организмами. Особенно опасно включение ксенобиотиков в круговорот веществ в агроценозах, т. к. это может приводить к накоплению вредных соединений в товарных частях сельскохозяйственных культур. В литературе многократно обсуждались негативные последствия для организма человека и животных загрязнения продуктов питания и кормов пестицидами, продуктами разложения химического оружия, деструкции полимеров и другими веществами, связанными с антропогенными факторами (Донченко, Надыкта, 2001; Ключев, 2000).

Как правило, для веществ, вредный эффект воздействия которых на человека доказан, вводят предельно допустимые концентрации (ПДК). Кроме того, создана система оценки степени токсичности поллютантов, включающая биотестирование и биоиндикацию с использованием организмов различной систематической принадлежности (Биологический мониторинг..., 2011).

Однако существует достаточно большой круг соединений, не проходящих через биомониторинговые испытания. Априори подобные соединения признаются безвредными. В частности, до последнего времени к таким безопасным соединениям относились отходы производства фторполимеров.

В жизнь современного человека широко вошли изделия, произведенные из фторполимеров. Они используются в машиностроении, электронике и радиотехнике, для хранения и транспортировки химически активных веществ. Так, например, фторкаучук СКФ-26 используют для изготовления резинотехнических, кабельных и других изделий (ГОСТ 18376-79). Одним из наиболее массовых отходов производства данных фторполимеров являются маточные растворы (МР), попадающие в окружающую среду вместе со сточными водами химических предприятий. В них содержится от 0,02 до 0,05 % целевого продукта и более низкомолекулярных веществ, включая иницирующие и другие группы и побочные продукты. До настоящего времени для этих соединений ПДК не установлены, т. к. их считают практически безопасными. В настоящее время отсутствуют работы по влиянию отходов производства СКФ-26 на биоту, которые можно было бы рассматривать как биоиндикационные испытания.

Цель данной работы – определение степени токсичности маточных растворов СКФ-26 в различных концентрациях по отношению к тест-организму цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz. и почвенной микрофлоре.

Материалы

Испытанию на токсичность подвергали один из отходов производства фторкаучука СКФ-26 МР СКФ-26 (МР и продукты его разведения 1:1, 1:50 и 1:100), попадающий в водоисточники, находящиеся в зоне водозабора г. Кирова.

На первом этапе работы объектом исследования была альгологически чистая культура ЦБ *N. Paludosum* штамм 18 из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА, которую использовали как тест-культуру в рамках определения степени влияния снижающихся концентраций МР СКФ-26 на жизнеспособность клеток.

На втором этапе работы для изучения биоиндикационных возможностей альго-циано-микологических комплексов при действии снижающихся концентраций СКФ-26 в модельных лабораторных опытах использовали образцы полевой дерново-подзолистой почвы.

Третий этап нашей работы был связан с изучением влияния снижающихся концентраций СКФ-26 на состояние почвенной микрофлоры в полевом опыте.

Полевой опыт был заложен в конце мая 2012 г. в Даровском районе Кировской области. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, pH_{KCl} не превышает 4.4. Содержание гумуса не выше 2 %. Предварительно участок был вскопан на глубину 25 см и выровнен. В подготовленную почву внесли снижающиеся концентрации СКФ-26 (МР и его разведения 1:1, 1:50, 1:100). В контроле для полива использовали артезианскую воду.

Методы

При тестировании токсичности различных концентраций МР СКФ-26 определяли

жизнеспособность клеток ЦБ тетразольно-топографическим методом. Суть метода состоит в дифференциации живых и погибших клеток по наличию в живых клетках кристаллов формазана красного цвета, который образуется из бесцветного 2,3,5-трифенилтетразолий хлорида (ТТХ) в результате дегидрогеназной активности живых клеток (рис. 1). Соотношение живых и мертвых клеток определяется при микроскопировании мазков, приготовленных из культуры ЦБ, которую сначала выдерживали в тестируемом веществе, а затем помещали в раствор ТТХ (Домрачева и др., 2011).

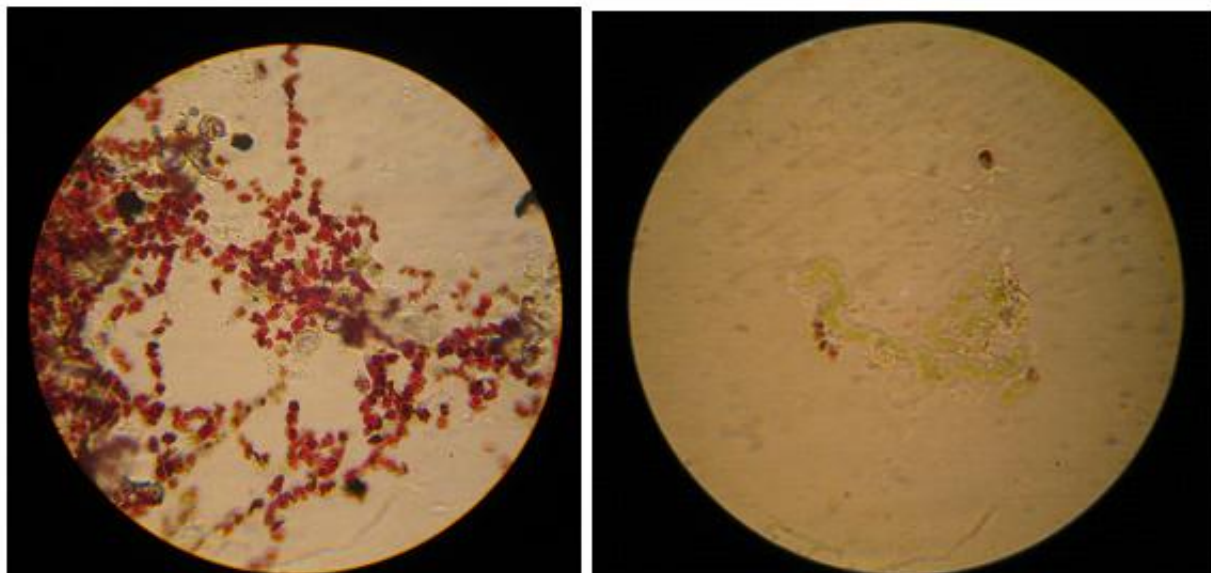


Рис. 1. Живые (с кристаллами формазана) и мертвые клетки цианобактерий

Fig. 1. Living (with formazan crystals) and dead cells of cyanobacteria

При проведении модельных лабораторных опытов почву высушивали, растирали в ступке до однородного состояния, готовили навески по 50 г, которые помещали в стерильные чашки Петри и увлажняли до 60 % от полной влагоемкости испытуемыми концентрациями МР СКФ-26. В контрольном варианте использовали артезианскую воду. После увлажнения почвы на гладко выровненную поверхность раскладывали покровные стекла, на которых впоследствии проводили микроскопический количественный учет клеток водорослей и цианобактерий. Время экспозиции – 3 месяца.

Состояние альго-циано-микологических комплексов в полевых опытах оценивали через сутки после внесения снижающих концентраций СКФ-26, через 7, 30 и 90 суток с момента закладки опыта. Для этого отбирались почвенные образцы с глубины 0–5 см. После приготовления средней пробы готовили мазки, на которых методом прямого микроскопического учета подсчитывали численность клеток водорослей, цианобактерий (Домрачева, 2005) и длину мицелия (Полянская, 1996) с раздельным учетом пигментированных и бесцветных фрагментов мицелия.

Результаты

При воздействии снижающих концентраций СКФ-26 на клетки *N. paludosum* было установлено, что все они в той или иной степени являются токсичными. МР СКФ-26 и его концентрация 1:1 вызвали 100 %-ную гибель клеток ЦБ (рис. 2). В то же время СКФ-26 в разведении 1:100 приводил к незначительному снижению численности живых клеток, т. е. в подобной концентрации в водной среде соединение можно признать мало токсичным для используемого тест-организма.

Действие любых соединений на организмы в такой гетерогенной системе, как почва, значительно отличается от воздействия на организмы в водной среде. При изучении реакции микрофлоры на внесение в почву МР СКФ-26 в модельных опытах было установлено, что во всех вариантах развиваются зеленые и диатомовые водоросли (табл. 1). При этом все концентрации МР СКФ-26 стимулируют размножение зеленых водорослей более чем в 3 раза. Наиболее ярко выраженный эффект отмечается при максимальном разведении СКФ-26 (1:100). Для диатомовых водорослей пик размножения выявлен в варианте с разведением 1:50 (почти в 3 раза по сравнению с контролем). Кроме водорослей, в почвах постоянно присутствуют прокариотные фототрофные организмы – цианобактерии, развитие которых в

ходе аутогенной сукцессии, как правило, идет в последовательности: безгетероцистные формы → гетероцистные формы, размножением которых характеризуется климаксная стадия в сезонном ходе альго-цианобактериальной сукцессии. Безгетероцистные цианобактерии развиваются во всех вариантах. Как и в случае водорослей, все концентрации МР СКФ-26 приводят к ускоренному размножению этой группы организмов. Максимум развития безгетероцистные цианобактерии достигли при разведении 1:100.

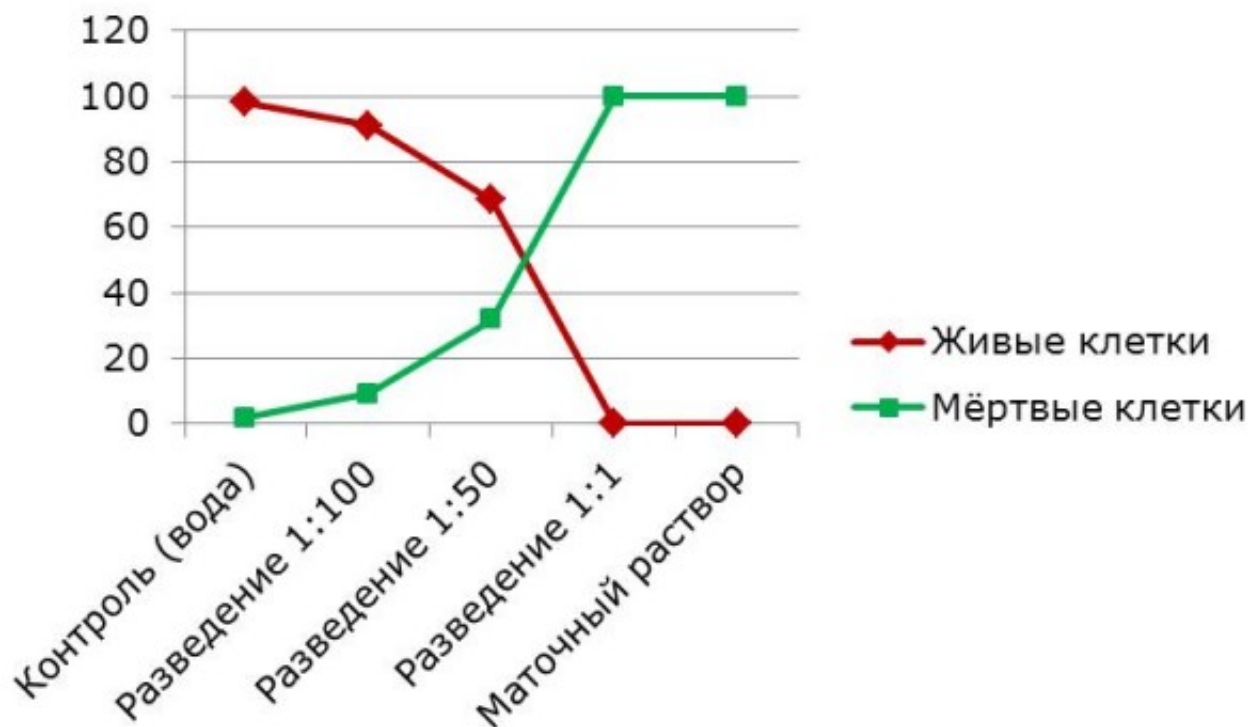


Рис. 2. Влияние МР СКФ-26 на жизнеспособность клеток цианобактерии *Nostoc paludosum* (%)

Fig. 2. Effect of MR SKF-26 on the cell viability of cyanobacteria *Nostoc paludosum* (%)

Известно, что внесение некоторых соединений в почву ускоряет ход аутогенных сукцессий микроорганизмов, что, например, сопровождается более ранним появлением в фототрофных комплексах азотфиксирующих ЦБ (Помелов и др., 2012). Подобное явление наблюдается и при действии МР СКФ-26 на цианобактериальный комплекс. Так, разведение 1:50 провоцирует размножение азотфиксирующих цианобактерий. Именно эта группа организмов стала причиной появления пика численности альго-цианофлоры в варианте с разведением МР СКФ-26 1:50 (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1. Влияние различных концентраций МР СКФ-26 на количественные показатели почвенной альгофлоры

Концентрация СКФ-26	Водоросли (клеток/см ²)		Цианобактерии (клеток/см ²)	
	Зеленые	Диатомовые	Безгетероцистные	Гетероцистные
Контроль (вода)	14245 ± 975	37.5 ± 1.25	400 ± 10	-
Разведение 1:100	54600 ± 3075	37.5 ± 1.25	1050 ± 35	-
Разведение 1:50	46200 ± 2675	100 ± 0	875 ± 35	33200 ± 110
Разведение 1:1	44375 ± 10500	46 ± 1.75	737 ± 50	-
Маточный раствор	41925 ± 5250	50 ± 0	575 ± 17,5	-

Примечание. «-» - цианобактерии не обнаружены.

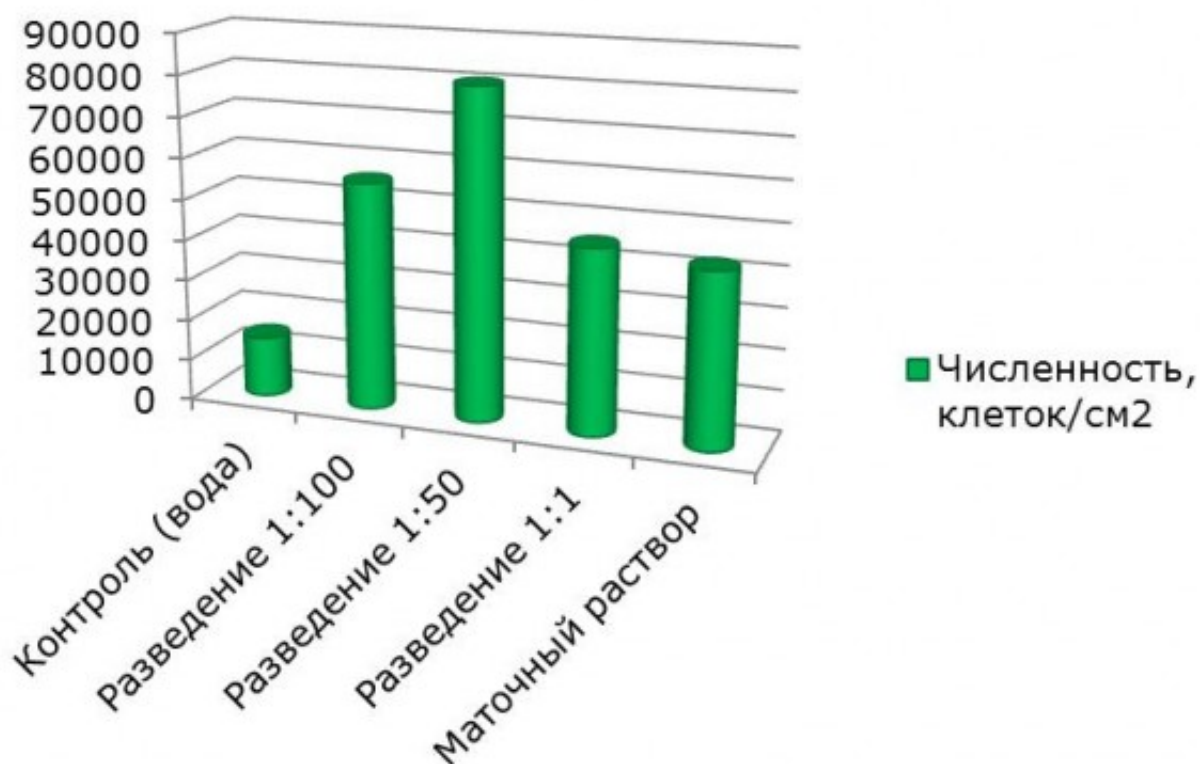


Рис. 3. Влияние МР СКФ-26 на численность почвенной альгофлоры, клеток/см²

Fig. 3. Effect of MR SKF-26 on the number of soil algal flora, cells/cm²

Следовательно, МР СКФ-26 выступает как стимулятор размножения почвенной альгофлоры и инициатор ускоренного протекания альго-цианобактериальной сукцессии. МР СКФ-26 в разведении 1:50 создает оптимальные условия для развития почвенных водорослей и цианобактерий и ускоряет ход аутогенной сукцессии в модельных опытах.

При изучении влияния снижающихся концентраций МР СКФ-26 на динамику численности почвенных водорослей в полевом опыте установлено, что это соединение по-разному действует на развитие микроразототрофов (рис. 4). Через сутки после внесения МР СКФ-26 во всех вариантах, кроме варианта с разведением МР СКФ-26 1:100, отмечено снижение численности водорослевых клеток. В варианте с разведением МР СКФ-26 1:1 и в варианте с внесением МР данный показатель снижается в 2 раза по сравнению с контролем. Через сутки в варианте с разведением СКФ-26 1:100 численность альгофлоры осталась на уровне контроля (250 тыс. кл./г почвы). Через 7 суток численность водорослей во всех вариантах практически не изменилась. Через 30 суток наблюдался рост численности фототрофных популяций во всех вариантах, особенно выраженный при внесении в почву МР СКФ-26 в разведении 1:100 (в 2 раза по сравнению с первым сроком наблюдения).

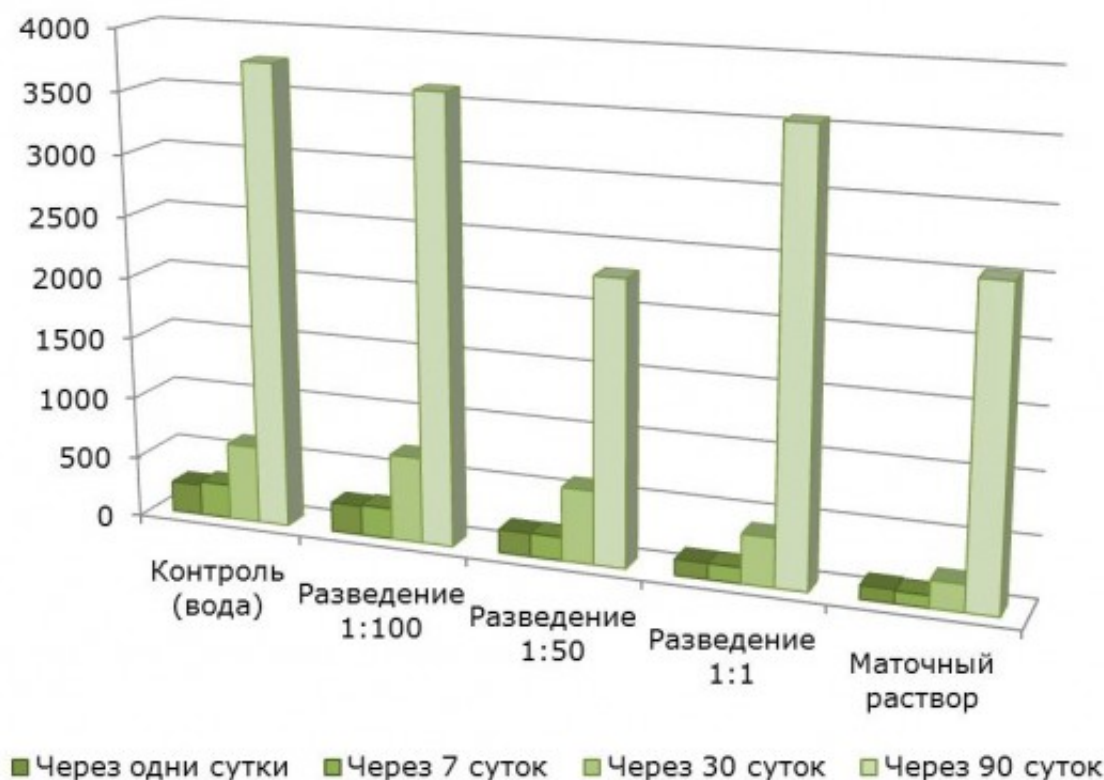


Рис. 4. Влияние МР СКФ-26 на динамику численности фототрофных организмов, тыс. клеток/г почвы

Fig. 4. Effect of MR SKF-26 on the dynamics of phototrophic organisms population, thousand cells/g soil

Эта же тенденция неуклонного роста численности клеток почвенных альгоценозов сохраняется и через 90 суток с момента закладки опыта. Увеличение численности фототрофных популяций в ходе сезонной сукцессии в почве обусловлено тем, что через 30 и 90 суток к группировкам эукариотных водорослей последовательно присоединяются группировки прокариотов – безгетероцистные и гетероцистные цианобактерии. Однако ни в одном варианте с применением МР СКФ-26 не был достигнут уровень развития водорослей, характерный для контроля.

Изучение группового состава почвенных фототрофов показало, что на завершающих этапах сезонной сукцессии (через 90 суток) решающую роль играют прокариотные фототрофы (цианобактерии), которые вносят основной вклад в количественные параметры альго-цианобактериальных комплексов (табл. 2). При этом безгетероцистные формы интенсивно развиваются во всех вариантах, а гетероцистные формы (азотфиксаторы) обнаружены только в контроле и в варианте с разведением 1:100. Следовательно, достаточно высокие концентрации МР СКФ-26 1:50, 1:1 и сам МР, не оказывая существенного влияния на общую численность популяций в альгоценозе, выбивают из структуры популяций важнейшую для почвенного плодородия группу – азотфиксирующие цианобактерии.

Таблица 2. Влияние различных концентраций МР СКФ-26 на численность фототрофов через 90 суток с момента закладки опыта (тыс. клеток/г почвы)

Вариант	Водоросли	Цианобактерии			Фототрофов (всего)
		БГЦ	ГЦ	Всего	
Контроль	830 ± 25	2200 ± 36	730 ± 100	2930 ± 136	3760 ± 161
Разведение 1:100	1060 ± 200	1930 ± 50	630 ± 150	2560 ± 200	3620 ± 400
Разведение 1:50	830 ± 33	1470 ± 60	-	1470 ± 60	2300 ± 93
Разведение 1:1	1230 ± 185	2330 ± 50	-	2330 ± 50	3560 ± 235
Маточный раствор	560 ± 20	1967 ± 150	-	1967 ± 150	2520 ± 170

Примечание. БГЦ – безгетероцистные цианобактерии; ГЦ – гетероцистные цианобактерии; «-» – цианобактерии не обнаружены.

При изучении влияния различных доз МР СКФ-26 на динамику роста длины мицелия почвенных микромицетов установлено, что их введение по-разному действует на развитие микофлоры в почве (рис. 5).

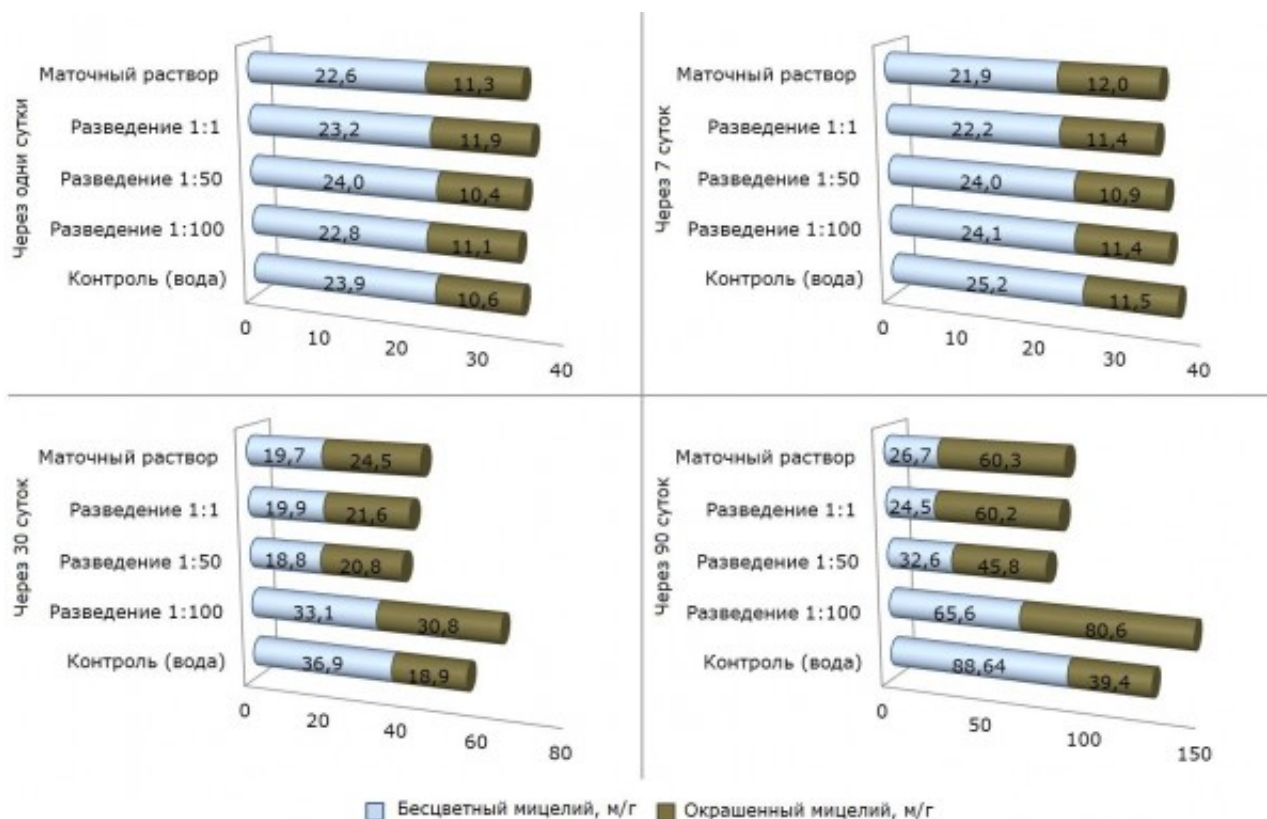


Рис. 5. Влияние МР СКФ-26 на динамику роста длины мицелия почвенных микромицетов, м/г
Fig. 5. Effect of MR SKF-26 on the dynamics of the growth of mycelium length of soil micromycetes, m/g

Через одни и 7 суток после внесения МР СКФ-26 ни в одном из вариантов не было отмечено существенного изменения длины мицелия грибов. Через 30 суток наблюдался рост мицелия в длину во всех вариантах, особенно выраженный при внесении в почву МР СКФ-26 в разведении 1:100 (почти в 2 раза по сравнению с первым сроком наблюдения).

Эта же тенденция неуклонного роста длины мицелия почвенных грибов сохраняется и через 90 суток с момента закладки опыта. Только начиная с разведения 1:50 происходит не такой усиленный рост мицелия в длину. Рост длины мицелия к концу вегетационного периода, как правило, связан с увеличением запасов в почве доступного органического вещества в виде корневого и листового опада. Даже к моменту снятия опыта этот показатель не достигает уровня контроля. МР СКФ-26 в разведении 1:100 можно признать стимулятором роста длины грибного мицелия.

Изучение структуры популяций микромицетов по соотношению особей с бесцветным и меланизированным мицелием показывает, что в первый срок наблюдения во всех вариантах преобладающей группировкой являются микромицеты с бесцветным мицелием (табл. 3).

Только к 30-м суткам опыта начиная с разведения МР СКФ-26 1:50 доля грибов с окрашенным мицелием увеличивается в среднем до 53 %.

Через 90 суток наблюдается бесспорное доминирование окрашенных форм микромицетов по мере возрастания концентраций МР СКФ-26, что достоверно указывает на возрастание экологической напряженности в почве, т. к. одним из биоиндикационных признаков оценки состояния почвы является соотношение в структуре популяций грибов бесцветных и окрашенных форм. Подобные же реакции почвенных грибов отмечены на действие таких поллютантов, как тяжелые металлы, пестициды, нефть и нефтепродукты, радионуклиды и др. (Терехова, 2005). Следовательно, меланизация микоценозов под влиянием МР СКФ-26 явно указывает на начинающийся токсикоз почвы.

Таблица 3. Структура популяций микромицетов в почве с внесением МР СКФ-26 (%)

Концентрация СКФ-26	Через одни сутки		Через 7 суток		Через 30 суток		Через 90 суток	
	Б	О	Б	О	Б	О	Б	О
Контроль (вода)	69.3	30.7	68.7	31.3	66.1	33.9	69.2	30.8
Разведение 1:100	67.3	32.7	67.9	32.1	51.8	48.2	44.9	55.1
Разведение 1:50	69.8	30.2	68.8	31.2	47.5	52.5	41.6	58.4
Разведение 1:1	66.1	33.9	66.1	33.9	48.0	52.0	28.9	71.1
Маточный раствор	66.7	33.3	64.6	35.4	44.6	55.4	30.7	69.3

Примечание. Б – бесцветный мицелий, О – окрашенный мицелий.

Обсуждение

Серия проведенных лабораторных и полевых опытов по изучению влияния МР СКФ-26 на водоросли, ЦБ и грибы показала, что МР активно влияет на развитие этих групп микроорганизмов. Особенно четко угнетающее действие МР СКФ-26 проявляется в водной среде. Так, при использовании в качестве тест-организма ЦБ *N. paludosum* был установлен репрессивный эффект вплоть до полной гибели клеток при экспозиции ЦБ в МР СКФ-26 и при разведении 1:1. 30 %-ная гибель клеток наблюдалась и при разведении 1:50. Следовательно, сброс в водоемы МР СКФ-26 или его малых разведений потенциально опасен для обитателей водоема.

Модельные опыты с малым количеством почвы в непроточной системе (чашки Петри) в ходе 30-суточного опыта, напротив, показали, что МР СКФ-26 во всех концентрациях не только стимулирует размножение почвенных микрорототрофов, но ускоряет протекание альго-цианобактериальной сукцессии. В первую очередь, это проявляется в развитии группировки гетероцистных ЦБ, которые, как правило, завершают естественный цикл сезонных сукцессий и являются климаксовой стадией в развитии почвенных альгоценозов. Размножение азотфиксирующих цианопрокариот провоцирует МР СКФ-26 в разведении 1:50.

В полевых опытах на развитие почвенной микрофлоры всегда действует множество факторов одновременно, и испытуемый агент также подвергается деструктивным процессам со стороны почвенной микробиоты. Изучение динамики численности фототрофных микроорганизмов показало, что этот процесс во всех вариантах носит сходный характер: практически не меняется численность фототрофных популяций через 1 и 7 суток после внесения в почву МР СКФ-26, незначительно возрастает численность клеток этих организмов через 30 суток и наблюдается стремительный скачок этого показателя через 90 суток. Поскольку вектор развития альгоценозов одинаков во всех вариантах, то это можно объяснить комплексом климатических и агрохимических свойств почвы. Однако размножение азотфиксирующих ЦБ зафиксировано только в контроле и при разведении МР СКФ-26 1:100. Следовательно, в отличие от замкнутой системы, высокие концентрации МР СКФ-26 замедляют протекание сезонных альгосукцессий.

Изучение состояния грибных популяций показывает, что внесение МР СКФ-26 в почву в начальный период (1–7 суток) не сказывается на соотношении форм микромицетов с бесцветным и окрашенным мицелием. Однако с течением времени увеличивается степень токсического влияния различных концентраций МР, что приводит к резкому возрастанию в структуре микоценозов грибов с окрашенным мицелием (63.9 % при внесении в почву маточного раствора через 90 суток после внесения против 30.8 % в контроле). Данный факт может указывать на то, что продукты превращения МР СКФ-26 в почве после 3-месячной экспозиции могут быть гораздо токсичнее самого соединения.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что отходы производства фторкаучука СКФ-26 не являются безопасными или нейтральными для таких групп почвенных микроорганизмов, как водоросли, ЦБ и микромицеты. Особенно ярко по губительному воздействию на тест-организм *N. paludosum* токсичность высоких концентраций МР СКФ-26 проявляется в водной среде.

Полевые опыты подтвердили токсичность не только самих МР, но и возможных продуктов их превращений, что четко иллюстрирует изменение структуры микоценозов, в которых происходит

прогрессирующее нарастание популяций с меланизированным мицелием.

Библиография

Биологический мониторинг природно-техногенных систем [Biological monitoring of natural and man-made systems] / Под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2011. 388 с.

ГОСТ 18376-79 Фторкаучуки СКФ-26 и СКФ-32. Технические условия [GOST 18376-79 Fluoroelastomers SKF-26 and SKF-32. Specifications].

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития [«Bloom» of the soil and the laws of its development]. Сыктывкар, 2005. 336 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах [Application of tetrazole-topographic method for determining dehydrogenase activity of cyanobacteria in contaminated environments] // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 113–120.

Донченко Л. В., Надыкта В. Д. Безопасность пищевой продукции [Bezopasnost food]. М.: Пищепромиздат, 2001. 525 с.

Клюев Н. А. Эколого-аналитический контроль стойких органических загрязнений в окружающей среде [Ecological and analytical monitoring of persistent organic pollutants in the environment]. М.: Джеймс, 2000. 48 с.

Полянская Л. М. Микробная сукцессия в почве [Microbial succession in soil]: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1996. 96 с.

Помелов А. В., Березин Г. И., Домрачева Л. И. Адаптационные резервы высшего растения и почвенной альгофлоры к действию пестицидов [Adaptation reserves of higher plants and soil algal flora to the action of pesticides] // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 87–93.

Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем [Micromycetes in the environmental assessment of aquatic and terrestrial ecosystems]. М.: Наука, 2007. 215 с.

Determination of the toxicity level of the fluoropolymers production wastes by reaction of soil microflora and cyanobacteria *Nostoc paludosum* Kütz

ELKINA
Tatyana

Vyatka state agricultural academy, tatyana_1@inbox.ru

DOMRACHEVA
Ludmila

Vyatka state agricultural academy, dli-alga@mail.ru

KHITRIN
Sergey

Vyatka State University, tzb_khitrin@vyatsu.ru

FUKS
Sophiya

Vyatka State University, tzb_fuks@vyatsu.ru

DEVYATERIKOVA
Svetlana

Vyatka State University, tzb_kaf@vyatsu.ru

Keywords:

fluoropolymers
SKF-26
soil microflora
soil algae
cyanobacteria
micromycetes

Summary:

The environment is constantly receiving the substances that are artificially synthesized by human, hence, not inherent in nature, that are circulating in it. One of the most common wastes of fluoroelastomer SKF-26 production is the mother solution entering the environment together with the wastewater of chemical enterprises. Until now limits of allowable concentrations of these compounds have not been established, as they are considered practically safe. By determining the toxicity level of the waste of fluoropolymers production conducted by reaction of soil algae, cyanobacteria and micromycetes it was showed that the waste of fluorine rubber SKF-26 production are not safe or neutral for these groups of microorganisms. The toxicity of high concentrations of the mother solution SKF-26 was particularly evident in the damaging effects to the of the test organism *Nostoc paludosum* in aqueous medium. Field experiments confirmed that not only mother solutions, but also the possible products of their transformations are toxic. This fact clearly illustrates the change in the structure of mikocenoses where a progressive increase in populations with melanized mycelium takes place.

References



УДК 556.124: 574 (470.324-25)

Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды

ПРОЖОРИНА
Татьяна Ивановна

Воронежский государственный университет,
coriandre@rambler.ru

БЕСПАЛОВА
Елена Владимировна

Воронежский государственный университет,
elena_bespalova@bk.ru

ЯКУНИНА
Надежда

Воронежский государственный университет,
nadezda.yakunina.93@gmail.com

Ключевые слова:

функциональные зоны
химический состав снега
коэффициенты концентрации
поллютанты
фоновая проба

Аннотация:

Снежный покров обладает высокой сорбционной способностью и представляет собой информативный объект при выявлении техногенного загрязнения городской среды. В работе приведены результаты исследования химического состава снега, выпавшего в г. Воронеже за зимний период 2014 г. Анализируются связи между наличием поллютантов в снеге и уровнем техногенного воздействия.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. В. Вапиров

Получена: 25 марта 2014 года

Опубликована: 12 сентября 2014 года

Введение

Одним из эффективных методов экологической индикации состояния городской среды в холодный период года служит эколого-геохимический мониторинг состояния снежного покрова. Цель настоящего исследования – анализ химического состава снежного покрова и выявление связи между уровнем техногенного воздействия на городскую среду и присутствием загрязняющих веществ в снеге на территориях различных функциональных зон г. Воронежа.

Материалы

В период, предшествующий снеготаянию, 13.02.2014 г. авторами работы были отобраны 48 проб снега в различных функциональных зонах г. Воронежа с разной степенью техногенного воздействия: жилая зона (14 проб), промышленная (11 проб), транспортная (12 проб), зона рекреации (9 проб) и фоновая (2 пробы).

Исторически сложилось так, что г. Воронеж разделен акваторией Воронежского водохранилища на левую и правую части, причем наибольшая доля промышленных предприятий расположена в левобережной части города, но по площади она значительно уступает правобережной. Поэтому в левобережной части города было отобрано 16 проб снега: в жилой и промышленной зонах – по 5 проб; в зоне рекреации и транспортной зоне – по 3 пробы. В правобережной части города отобрано 30 проб снега: в жилой и транспортной зонах – по 9 проб; в промышленной и зоне рекреации – по 6 проб. Расположение точек на местности показано на рис. 1.

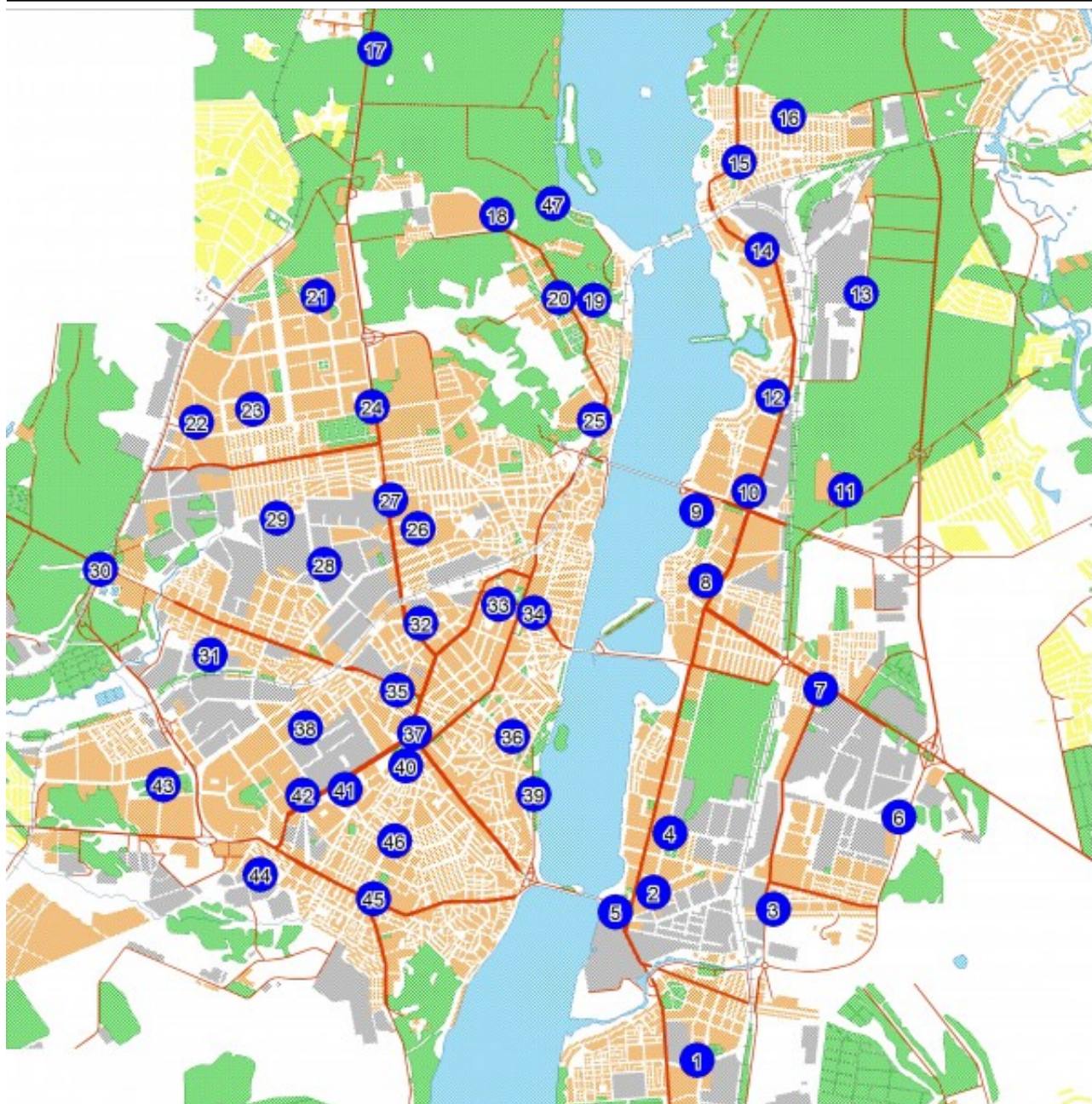


Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб снега
Fig. 1. The location diagram of the points of snow sampling

Методы

Репрезентативные пробы «лежалого» снега отбирались по всей толще снежного покрова, за исключением нижних 2–3 см (во избежание загрязнения частицами почвы). Отбор проб проводился пластиковой трубкой площадью сечения 78.5 см^2 и длиной 30 см. В месте отбора пробы трубу врезали на всю толщину снежного покрова до поверхности земли. После чего трубку из снега вынимали, поддерживая снизу пластмассовой лопаткой. Нижнюю часть трубки тщательно очищали от частиц грунта (Гаврилова, 1988).

Пробы снега растапливались при комнатной температуре, талую воду фильтровали через обычные бумажные фильтры. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе, а в фильтрате определяли следующие показатели: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , минерализация, общая жесткость, Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , pH, Mg^{2+} (Прожорина, 2010).

Исследования химического состава снега выполнены на следующий день после отбора всех проб

(14.02.2014 г.) на базе учебной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Для более объективной характеристики геохимической индикации загрязнения снежного покрова за основу принимается сопоставление концентраций поллютантов городских проб снега с соответствующими значениями их фоновых аналогов. Это достигается расчетом коэффициента концентрации химических элементов (K_c) по формуле: $K_c = C/C_{\phi}$, где C – содержание элемента в исследуемом объекте, C_{ϕ} – среднее фоновое содержание элемента (Касимов, 1995).

Результаты

В качестве фона были выбраны 2 точки: № 47, находящаяся в черте города, на территории санатория им. М. Горького, и № 48, которая расположена в северном направлении в 15 км от города. Результаты химического анализа показали, что пробу снега в черте города (№ 47) только условно можно считать фоновой, т. к. содержание загрязняющих веществ в ней существенно выше, чем в пробе снега, отобранной за городом (№ 48).

Таким образом, для расчета коэффициентов концентрации в качестве фоновой приняли пробу снега в точке № 48, расположенной в Рамонском районе, садовое товарищество (СТ) «Северный бор».

С целью выявления степени техногенной нагрузки на различные районы г. Воронежа был сделан сравнительный анализ фактического присутствия загрязняющих веществ в атмосферных осадках для исследуемых функциональных зон, а также проведено их сравнение с фоном.

Результаты анализа химического состава талой воды указывают на повышенный техногенный уровень загрязнения снежного покрова во всех исследуемых функциональных зонах г. Воронежа.

Обсуждение

Так, например, содержание минеральной пыли в пробах снега варьируется от 48.9 (фон) до 324.0 мг/л. Низкие значения взвешенных веществ (менее 85.0 мг/л) отмечаются в пробах снега, отобранных преимущественно в зоне рекреации (точки 4, 11, 17, 19, 47). Высокие значения взвешенных веществ (более 150 мг/л) отмечаются в пробах снега, отобранных в транспортной (точки 10, 24, 27, 30, 35) и еще больше в промышленной (точки 2, 6, 8, 14, 26, 28, 38) зонах. Это объясняется повышением уровня загрязненности атмосферы городских ландшафтов. В промышленных городах запыленность воздуха увеличивается в 5–10 раз по сравнению с фоном и ведет к возрастанию роли взвешенных частиц как носителей химических элементов (Касимов, 1995).

Об антропогенном загрязнении атмосферы также свидетельствует увеличение концентрации катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в атмосферных осадках и соответственно общей жесткости снежных проб, которая варьирует от 0.05 до 0.26 ммоль/л. Минимальные значения жесткости (менее 0.1 ммоль/л) отмечаются в точках 17, 39, 47 (зона рекреации) и в точке 42 (жилая зона). Максимальные значения (более 0.18 ммоль/л) отмечены в точках транспортной и промышленной зон.

Присутствие хлоридов в снеге напрямую связано с интенсивностью применения антигололедных средств для дорожных покрытий в зимний период. В г. Воронеже для этих целей используется песчано-соляная смесь. Содержание хлорид-ионов в пробах снега варьирует от 3.16 (фон) до 27.77 мг/л. Максимальные концентрации (более 15 мг/л) отмечаются в пробах снега транспортной (точки 46, 30, 24, 34, 35, 37, 45 – ряд по увеличению) и промышленной (точки 26, 27) зон.

Содержание сульфат-ионов в талой воде большинства промышленных и транспортных зон превышает фоновые показатели более чем в 3 раза (от 45 (фон) до 150 мг/л). Максимальные концентрации (более 100 мг/л) отмечаются в точках промышленной (29, 28, 38, 44) и транспортной (35, 45, 46) зон. Это можно объяснить загрязненностью воздуха диоксидом серы.

Наличие азотсодержащих соединений в воде определяется деятельностью бактерий, но в зимний период в снежном покрове их присутствие невозможно, поэтому все содержание NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ -ионов в талой воде обусловлено только антропогенным воздействием, к которому можно отнести, в первую очередь, выбросы от промышленных предприятий и автотранспорта (оксиды азота). Так, например, значения NO_3^- -аниона изменяются от 1.46 до 25.69 мг/л. Максимальные значения нитратов (более 20 мг/л) отмечаются в точках транспортной (10, 27, 34, 35, 37, 45) и промышленной (точка 8) зон. Минимальные значения NO_3^- -аниона (менее 2 мг/л) обнаружены в жилой зоне, а также на территориях парков (19, 43, 47).

Величина pH снежных проб изменяется в интервале от 4.86 до 7.06. Пониженные значения pH связаны с увеличением содержания кислотных окислов (NO_2 , SO_2) в городских выбросах в атмосферу.

Это подтверждается преобладанием в снежных пробах NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} -ионов.

Для проб снега, отобранных в зоне рекреации, значения минерализации составляют от 96.8 до 146.3 мг/л. Наиболее «чистой» парковой зоной является точка 4 (парк Авиастроителей). Наиболее «загрязненная» зона рекреации отмечена на территории санатория им. М. Горького на берегу водохранилища (точка 47). По всей видимости, большинство загрязнителей с промышленной левобережной зоны города переносится с преобладающими в зимнее время западными ветрами на правый берег и оседает вдоль берега Воронежского водохранилища. В среднем величина минерализации для точек рекреации составляет 119.0 мг/л.

Для точек жилой зоны разброс величины минерализации велик (от 90.9 до 134.0 мг/л). Наиболее «чистая» – точка 16 (ул. Калининградская). Наиболее загрязненная – точка 21 (ул. Вл. Невского). В среднем величина минерализации для точек жилой зоны составляет 114.3 мг/л.

Большинство проб в промышленной зоне имеют значения минерализации от 91.2 до 183.9 мг/л. Среднее значение 135.0 мг/л. Наименее загрязненная точка 6 (ул. Ильюшина). Наиболее загрязненная точка 44 (ул. Кривошеина).

Минерализации для проб снега, отобранных в транспортной зоне, варьирует от 112.9 до 180.5 мг/л. Среднее значение – 143.8 мг/л. Наименее загрязненная точка – 22 (ул. Хользунова, 102), наиболее – точка 35 (9 января, д. 49).

По степени минерализации и содержанию взвешенных веществ в снежном покрове можно судить о «техногенном давлении» на среду (Беспалова, 2013). Таким образом, по степени загрязненности исследуемые городские зоны можно расположить в следующий убывающий ряд: транспортная > промышленная > жилая и рекреация > фоновая.

Сравнением химического состава проб снега в исследуемых функциональных зонах г. Воронежа с фоном (точка № 48) были получены ряды коэффициентов аномальности в снежном покрове среди анионов (по усредненным значениям), которые приведены в таблице.

Полученные ряды свидетельствуют о том, что в пробах снега всех городских зон г. Воронежа преобладающее место занимают NO_3^- , NO_2^- , Cl^- -ионы, что косвенно отражает состав техногенных выбросов в атмосферу.

Таблица. Ряды коэффициентов аномальности в снежном покрове среди анионов (данные от 14.02.2014 г.)

Функциональная зона	Левобережная часть города	Правобережная часть города
Жилая	NO_3^- (1.7 - 6.8) > Cl^- (1.3 - 2.8) > NO_2^- (1.2 - 3.5) > SO_4^{2-} (1.2 - 2.1) > HCO_3^- (1.2 - 1.9)	NO_3^- (2.8 - 12.2) > NO_2^- (1.2 - 5.6) > Cl^- (2.5 - 4.8) > SO_4^{2-} (1.2 - 2.1) > HCO_3^- (1.1 - 2.4)
Промышленная	NO_3^- (1.5 - 14.7) > NO_2^- (2.1 - 9.3) > Cl^- (2.2 - 3.3) > SO_4^{2-} (1.2 - 2.1) > HCO_3^- (1.3 - 1.9)	NO_3^- (2.1 - 11.1) > NO_2^- (2.5 - 9.8) > Cl^- (3.3 - 5.5) > SO_4^{2-} (1.1 - 3.3) > HCO_3^- (1.4 - 2.9)
Транспортная	NO_3^- (4.6 - 9.2) > NO_2^- (1.5 - 7.1) > Cl^- (2.8 - 4.0) > HCO_3^- (1.5-2.1) > SO_4^{2-} (1.2 - 2.0)	NO_3^- (3.9 - 17.6) > NO_2^- (2.9 - 9.8) > Cl^- (4.0 - 8.8) > HCO_3^- (1.4 - 2.9) > SO_4^{2-} (1.1 - 2.6)
Рекреационная	NO_3^- (1.9 - 12.3) > Cl^- (1.8 - 2.8) > HCO_3^- (1.3 - 1.8) > NO_2^- (1.1-9.3) > SO_4^{2-} (1.5 - 1.8)	NO_3^- (1.1 - 8.9) > NO_2^- (1.2 - 4.0) > Cl^- (2.0 - 2.8) > SO_4^{2-} (1.5 - 2.6) > HCO_3^- (1.0 - 1.8)

Заключение

Таким образом, исследования химического состава снежного покрова в различных функциональных зонах г. Воронежа позволяют заключить, что реакция среды (pH), минерализация и содержание взвешенных веществ в снеговых водах характеризуют интенсивность техногенного пресса на городскую среду, а состав талых вод указывает на характер ее загрязнения.

Библиография

- Беспалова Е. В., Прожорина Т. И., Куролап С. А. Оценка геохимического состояния снежного покрова г. Воронежа // Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 137-141.
- Гаврилова И. П., Касимов Н. С. Практикум по геохимии ландшафта [Practicum on landscape

Прожорина Т. И. , Беспалова Е. В. , Якунина Н. Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды // Принципы экологии. 2014. № 1. С. 53–58. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3281

geochemistry]. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 447 с.

3. Касимов Н. С. Экогеохимия городских ландшафтов [Ecogeochemistry of urban landscapes]. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 336 с.

4. Прожорина Т. И., Каверина Н. В., Никольская А. Н., Иванова Е. Ю. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие [Ecological and analytical methods for environmental studies: study guide]. Воронеж: Истоки, 2010. 304 с.

Estimation of the condition of snow cover in Voronezh according to the chemical analysis of water from melted snow

**PROZHORINA
Tatyana**

Voronezh State University, coriandre@rambler.ru

**BESPALOVA
Elena**

Voronezh State University, elena_bespalova@bk.ru

**YAKUNINA
Nadezhda**

*Voronezh State University,
nadezda.yakunina.93@gmail.com*

Keywords:

functional areas
chemical composition of snow
concentration coefficients
pollutants
background sample

Summary:

Snow cover possesses high sorption ability and represents informative object to identify technogenic pollution of an urban environment. In this article the investigation data of a chemical composition of snow fallen in Voronezh during the winter period of 2014 are given. Relationships between existence of pollutants in snow and the level of technogenic effect are analyzed.

References



УДК 314.172+504.3.054:314.4(470.22)

Статистическая оценка связи между показателями смертности и выбросами загрязняющих веществ в условиях урбанизации

РЫБАКОВ
Дмитрий Сергеевич

*Институт геологии Карельского научного центра
РАН, rybakovd@krc.karelia.ru*

Ключевые слова:

выбросы загрязняющих веществ
повторяемость направлений ветра
коэффициенты смертности
основные причины смерти

Аннотация:

Существует статистическая связь между сокращающимся количеством выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и смертностью населения Петрозаводска за период с 2000 по 2012 гг. Улучшение демографических показателей статистически достоверно связано с уменьшением общей массы выбросов, а также выбросов отдельных загрязняющих веществ – оксида углерода и диоксида серы. Исключение представляют показатели смертности от новообразований, статистически связанные с количеством выбросов оксидов азота. До 2004 г. эти показатели снижаются, а затем растут со значительными флуктуациями. Влияние выбросов загрязняющих веществ на показатели смертности может усиливаться или ослабляться ветровым режимом, в частности повторяемостью северо-западного направления ветра, который определен как экологически значимый при перемещении загрязнителей.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: Т. О. Волкова

Получена: 06 мая 2014 года

Опубликована: 30 сентября 2014 года

Введение

В последние десятилетия проблема загрязнения атмосферного воздуха вредными химическими веществами рассматривалась в тесной связи с изменениями здоровья и смертности населения во многих странах мира. Публикации по данной тематике исчисляются тысячами и во многом цитируются в обобщающей литературе, руководствах и рекомендациях (ATSDR, 1998; Гичев, 2002; Онищенко и др., 2002; Ревич и др., 2004; Air Quality..., 2006; Sulfur dioxide..., 2008; Pietrodangelo et al., 2010 и др.). Все чаще оригинальные исследования проводятся по отдельным городам с использованием возможностей математической статистики (Синицын, 2011; Hoï et al., 2014).

По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в настоящее время загрязнение воздуха является крупнейшим фактором экологического риска для здоровья. Согласно этой оценке, около 3.7 млн дополнительных случаев смерти в 2012 г. связаны с загрязнением атмосферного воздуха, 4.3 млн – с загрязнением воздуха внутри помещений. Так как многие люди подвергаются воздействию как внутреннего, так и наружного загрязненного воздуха, количества смертей, вызванных этими источниками, не могут просто суммироваться, поэтому ВОЗ предлагает оценивать окончательное число жертв загрязнения в 2012 г. примерно в 7 млн человек (WHO, 2014).

В наибольшей степени проблемы со здоровьем в результате прямого действия атмосферного загрязнения связывают с болезнями систем кровообращения, органов дыхания, онкологическими

заболеваниями, психоневрологическими нарушениями и некоторыми другими (Гичев, 2002). Возможно и косвенное действие вдыхаемых вредных веществ, вследствие которого активизируются неблагоприятные и опасные факторы, способные в конечном итоге приводить (в том числе через экологически зависимые психоневрологические нарушения) к дополнительным случаям смерти от случайных отравлений алкоголем, убийств, самоубийств и т. д.

Возрастание потребления спиртных напитков населением индустриальных городов Европейского Севера России отмечалось еще в 60-80-х годах прошлого столетия. Показатели потребления алкоголя на душу населения этих городов были выше среднеобластных и среднереспубликанских (Колокольчикова, 2011). А. М. Абдалиев (1991) со ссылкой на целый ряд исследователей указывает, что наиболее высокий уровень алкоголизации отмечается среди работников промышленных предприятий. Именно данная категория лиц представляет собой группу высокого риска в плане развития тяжелых форм алкоголизма с плохим прогнозом. Между тем экологическая составляющая алкоголизации в этих и других работах не изучалась. В какой-то мере это могло стать невольной скрытой причиной признания усилий «городских властей, лечебных учреждений, административных органов, администраций предприятий, общественных организаций по борьбе с пьянством и алкоголизмом... неэффективными» (цит. по: Колокольчикова, 2011). С другой стороны, к настоящему времени тем не менее судебными медэкспертами установлено, например, что этиловый спирт в малых количествах в крови оказывает благоприятное действие на исход отравления угарным газом, а в больших концентрациях усиливает токсическое действие карбоксигемоглобина, повышая процент риска смерти (Абдукаримов, Искандаров, 2010).

Известна связь психоневрологических нарушений с их возможными тяжелыми последствиями (в том числе убийствами, самоубийствами, смертельными травмами на производстве и в дорожно-транспортных происшествиях). К сожалению, результаты исследований по этой тематике не сопоставляются и методически не объединяются с результатами экологических работ. Так, например, Н. Ф. Кузнецова (1984) упоминает, что в результате обобщения судебной практики по делам об умышленном убийстве в 1969 г. было установлено, что среди осужденных за убийство при отягчающих обстоятельствах (ст. 102 УК РСФСР) 40 % составляли лица с психическими аномалиями, не исключающими вменяемости. Ю. П. Гичев (2002) приводит многочисленные доводы и ссылки на работы разных авторов, в том числе за период с 1955 по 2001 г., подтверждающие связь экологических факторов с психологическими и неврологическими нарушениями организма. Объединяя подобного рода свидетельства, можно, проведя специальные исследования, попытаться найти искомые зависимости. Так, южнокорейские исследователи установили корреляционную связь между количеством завершенных суицидов и концентрациями взвешенных веществ в атмосферном воздухе, определенными за два дня до совершения самоубийств (Kim et al., 2010).

Опубликованы первые результаты сопоставления многолетних данных по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух и показателям смертности для Республики Карелия (Рыбаков, 2014). В частности, обнаружено, что сокращение числа случаев смерти от болезней системы кровообращения (на 1000 человек) обусловлено уменьшением выбросов от предприятий обрабатывающих производств (кроме алюминиевого производства в Сегежском районе) и, частично, жилищно-коммунального комплекса. Уровень смертности от новообразований, напротив, в последние годы вырос, что может быть связано с резким увеличением выбросов от автомобильного транспорта. Вместе с тем очевидно, что экологические факторы, включая загрязнение атмосферного воздуха, не являются единственной причиной убыли населения. Например, изменение показателей смертности также связывают с состоянием медицины, наследственностью, возрастом, полом, экологически независимыми социальными проблемами (Баскаков и др., 2001; Бочков и др., 2011; Римашевская и др., 2011; Молчанова, 2012; Молчанова, Кручек, 2013 и др.). Сведения об этих составляющих возможного воздействия на здоровье не являются предметом рассмотрения данной статьи. Основанием для нее послужила важность выделения экологических факторов, которые могут вносить дополнительный вклад в повышение уровня смертности на территориях отдельных поселений, характеризующихся определенным уровнем промышленного и транспортного развития, а также погоднo-климатическими особенностями.

Следует отметить, что погоднo-климатические, в том числе метеорологические, факторы – температура воздуха, влажность, ветровой режим – в совокупности в той или иной степени оказывают положительное или отрицательное воздействие на здоровье как при отсутствии загрязнения воздуха, так и при его наличии (Климатические изменения..., 2003). В последнем случае текущие метеорологические условия влияют на распространение выброшенных в атмосферу загрязнителей,

сокращая или увеличивая уровень экспозиции на население.

Исходя из вышесказанного, целью настоящего исследования является оценка зависимости показателей смертности от загрязнения атмосферного воздуха в условиях самого крупного в регионе населенного пункта – города Петрозаводска. По сути создается концептуальная база для дальнейшей оценки экологических рисков населения, заключающейся, в том числе, в исследовании влияния поступающих из загрязненной воздушной среды опасных компонентов на организм человека, определении групп риска в популяции с учетом размещения выявленных источников загрязнения, формулировке обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений.

Материалы

Для построения статистических моделей и расчетов использовались опубликованные в государственных докладах о состоянии окружающей среды Республики Карелия (Государственный доклад..., 2001..., 2010) и предоставленные Карелиястатом данные по выбросам загрязняющих веществ от стационарных источников по городу Петрозаводску, а также численности и смертности населения за 2000-2012 гг. (данные Карелиястатом предоставлены: по валовым выбросам загрязняющих веществ – за 2010-2012 гг., по численности населения и показателям смертности – за весь исследуемый период). Главными стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха Петрозаводска на протяжении последних лет являлись сосредоточенные в городе предприятия и объекты некоторых обрабатывающих производств (прежде всего по выпуску машин, оборудования и металлообработке), энергетики (Петрозаводская ТЭЦ), жилищно-коммунального комплекса (небольшие котельные), железнодорожного транспорта (локомотивное депо, железнодорожные станции).

Для учета возможного влияния на устанавливаемые связи метеорологических условий оцениваемого периода с использованием данных метеостанции «Петрозаводск» рассчитаны среднегодовые значения следующих параметров: температуры воздуха, парциального давления водяного пара, количества атмосферных осадков, повторяемости направлений ветра. Исходные данные получены через сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных <http://meteo.ru> (Специализированные..., 2014).

Методы

В настоящей работе для установления связей между уровнем поступления загрязняющих веществ в атмосферу города, метеорологическими параметрами и показателями смертности населения используются методы математической статистики (построение графиков зависимости, линейный корреляционный и факторный анализы). К сожалению, упорядоченных сведений о концентрациях вредных веществ в атмосферном воздухе за длительный период времени в открытом доступе не обнаружено, что объясняется наличием в Петрозаводске только одного стационарного пункта наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. В связи с этим оценка воздействия загрязнения осуществлена с применением сведений о количестве (массе) выбросов, как общего, так и по основным загрязнителям (взвешенным веществам, диоксиду серы, оксиду углерода, оксидам азота). Кроме того, при использовании сведений о концентрациях вредных ингредиентов, например, для диоксида серы отмечалась (Климатические изменения..., 2003) возможность в определенной степени неточностей методов отбора и определения этого вещества в воздухе, что могло приводить к занижению регистрируемых концентраций.

Для исследования использованы данные, полученные за достаточно длительный период, в течение которого происходили серьезные изменения в экономике, включающие в том числе спад промышленного производства, закрытие и переоборудование предприятий, что не могло не сказаться на значительном снижении выбросов загрязняющих веществ от стационарных объектов. Предполагалось, что природные факторы, определяющие характер распространения выбросов, при усреднении по годам соответствующих параметров могут заметно сказываться на устанавливаемых связях только в случае их широких вариаций, сопоставимых с темпами снижения выбросов.

Вместе с тем для корректировки объяснений полученных трендов учтена повторяемость северо-западного направления ветра (румбы в пределах 300-330°), обусловившего до 9.7 % повторяемости распространения выбросов в годовом ходе прежде всего от объектов Северной промышленной зоны, Петрозаводской ТЭЦ и РАО «РЖД». В силу расположения указанных объектов выбросы от них при северо-западном ветре могут проходить через всю территорию города, которая вытянута с северо-запада на юго-восток, т. е. покрывать площадь с наибольшей плотностью и численностью населения. В центральной части Петрозаводска к выбросам указанных предприятий в

исследуемый период добавлялись выбросы первой площадки ООО «Онежский тракторный завод», прекратившей свою деятельность к 2008 г.

Все статистические расчеты и построения графиков выполнены с применением пакета «Анализ данных» программы Microsoft Excel, факторный анализ – STATGRAPHICS Plus 5.0.

Результаты

Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от всех стационарных источников Петрозаводска снизилось за изучаемый период в 3.5 раза (рис. 1). Это уменьшение является следствием прекращения работы ряда котельных, падения производства на промышленных объектах, замены мазута на природный газ на многих предприятиях города, осуществления природоохранных мероприятий (Государственный доклад..., 2001..., 2010 и др.). На фоне общей динамики можно отметить закономерное снижение выбросов диоксида серы и рост, начиная с 2007 г., выбросов оксидов азота, что связывается с переходом предприятий на использование в качестве топлива природного газа.

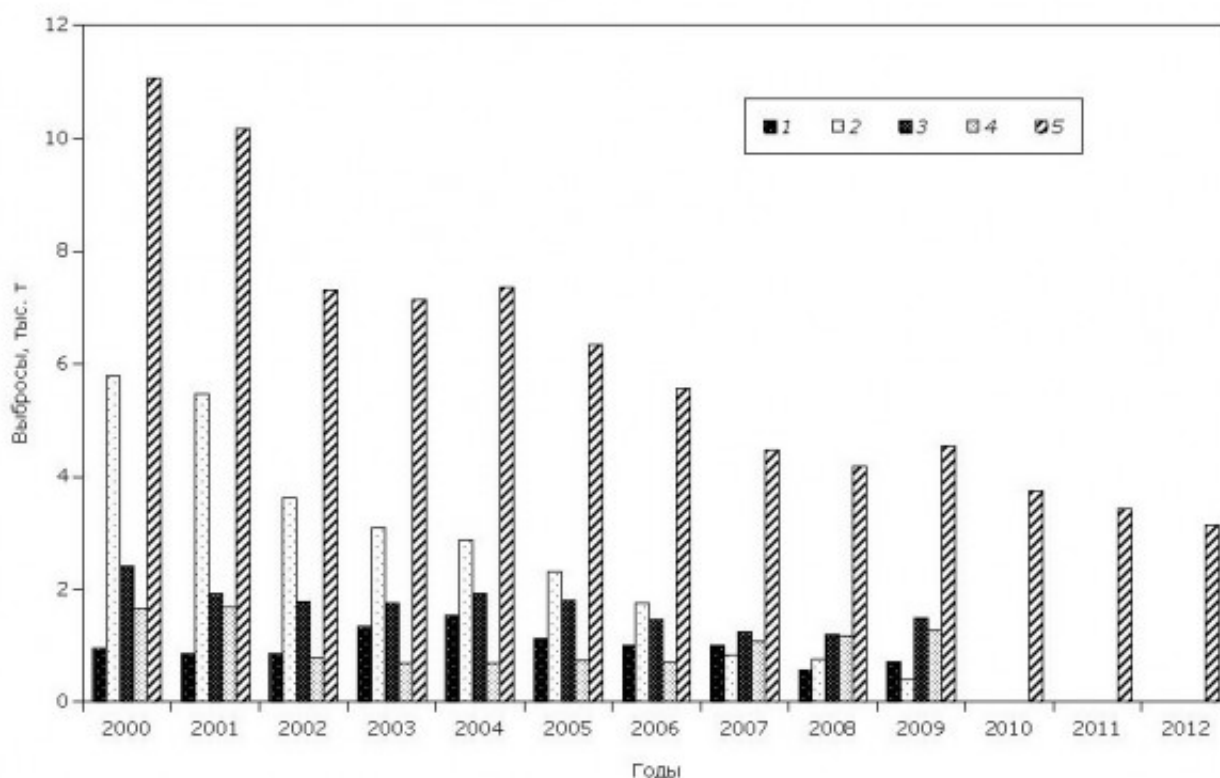


Рис. 1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу г. Петрозаводска в 2000–2012 гг. (Государственный доклад..., 2001..., 2010; 2010–2012 гг. – данные Карелиястата): 1 – взвешенные вещества (ВВ); 2 – SO₂; 3 – CO; 4 – NO_x; 5 – прочие; 6 – всего выбросов

Fig. 1. Emissions of air pollutants in Petrozavodsk in 2000–2012 (State Report ..., 2001 ..., 2010; 2010–2012 – data from Kareliastat): 1 – particulate matter (PM); 2 – SO₂; 3 – CO; 4 – NO_x; 5 – others; 6 – a total of emissions

Расчеты с использованием метеорологических данных показали, что в период с 2000 по 2012 г. среднегодовые значения температуры атмосферного воздуха и парциального давления водяного пара варьировали в Петрозаводске в пределах 2.6–4.6 °С и 7.0–7.9 гПа соответственно. Среднегодовая повторяемость северо-западного направления ветра, выбранного, как указано выше, в качестве экологически значимого, колебалась в пределах 5.8–9.7 % в годовом ходе.

Основными причинами смерти жителей Петрозаводска являются (2000–2012 гг.): болезни системы кровообращения (52.0–56.5 % случаев), внешние причины (17.4–7.9 %) и онкологические заболевания (12.9–19.0 %). При этом в 2004 г. злокачественные новообразования как причина смерти вышли на второе место, сместив внешние факторы на третью позицию. В целом наблюдается снижение общей

смертности, смертности от болезней системы кровообращения и от внешних причин (рис. 2).

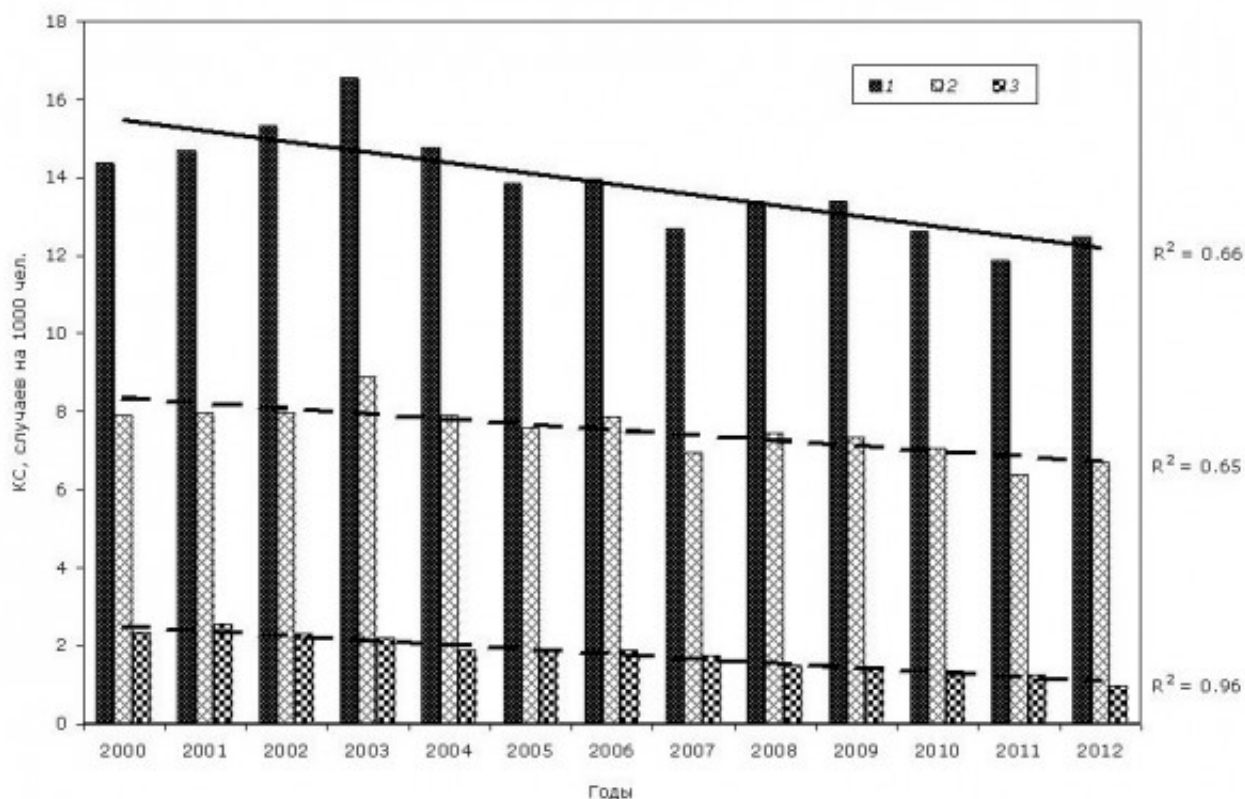


Рис. 2. Смертность населения г. Петрозаводска в 2000–2012 гг. (по данным Карелиястата): КС – коэффициенты смертности: 1 – общий (ОКС), 2 – от болезней системы кровообращения (КСБК), 3 – от внешних причин (несчастных случаев, отравлений и травм) (КСВН.); R^2 – коэффициенты детерминации соответствующих линейных моделей

Fig. 2. Population mortality in Petrozavodsk in 2000–2012 (according to Kareliastat): MC – mortality coefficients: 1 – total (TMC), 2 – from diseases of the circulatory system (MC_{DCS}), 3 – from external causes (accidents, poisoning and injuries) ($MC_{Ext.}$); R^2 – coefficients of determination of the corresponding linear models

Иначе выглядит изменение показателя смертности от новообразований. С 2000 по 2004 г. наблюдается его резкое снижение, а в последующие годы – рост со значительными флуктуациями (рис. 3).

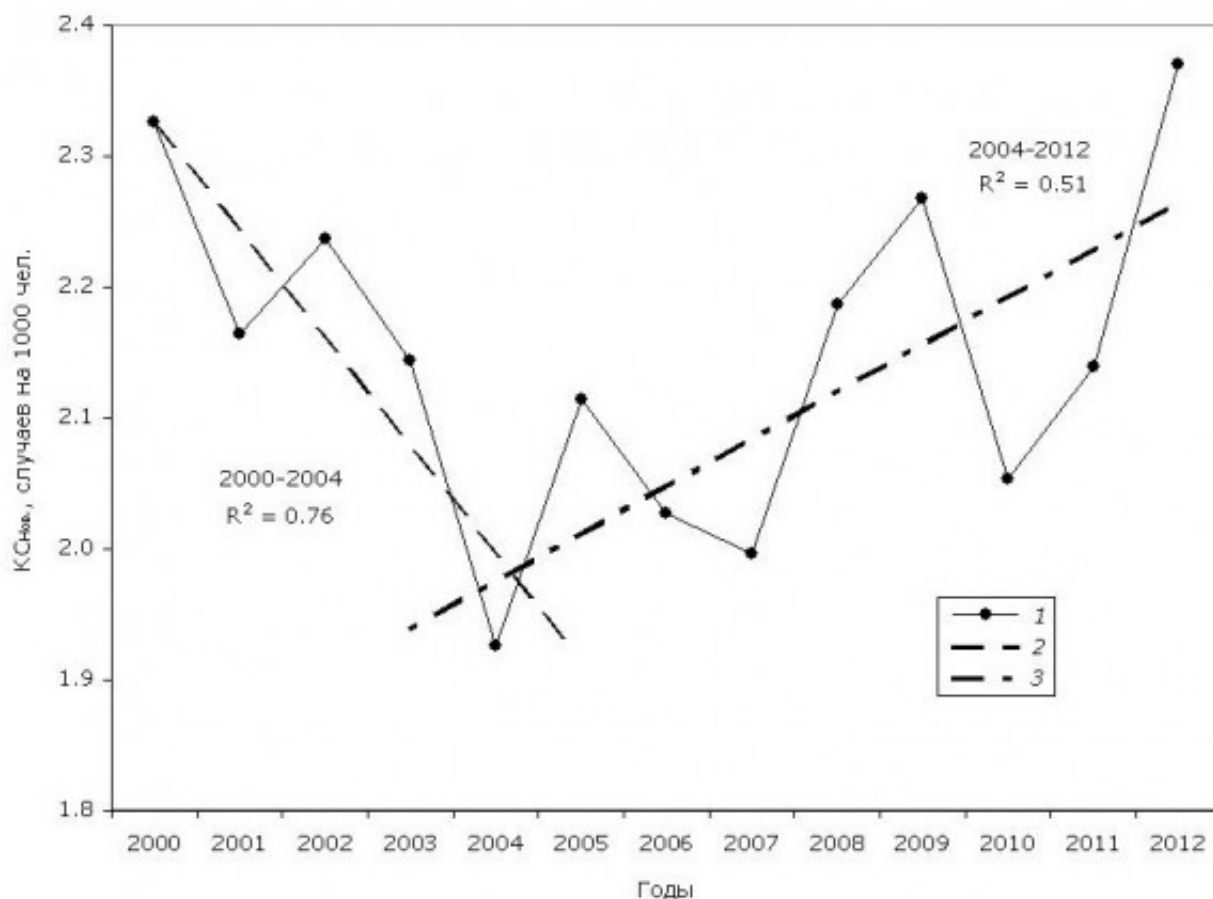


Рис. 3. Смертность населения г. Петрозаводска от новообразований ($KC_{нов.}$): 1 – данные Карелиястата; 2 – линейная модель для периода 2000–2004 гг.; 3 – то же для периода 2004–2012 гг.

Fig. 3. Population mortality from neoplasms in Petrozavodsk ($MC_{Neopl.}$): 1 – data of Kareliastat; 2 – the linear model for the 2000–2004; 3 – the same for the 2004–2012

В табл. 1 приведены рассчитанные для нормального закона распределения парные коэффициенты корреляции между погодно-климатическими характеристиками, которые могут влиять на здоровье, и показателями смертности. Из таблицы видно, что для значений температуры воздуха, количества осадков, парциального давления водяного пара, характеризующего влажность атмосферного воздуха, и повторяемости направления ветра коэффициенты корреляции статистически незначимы при 95%-м уровне надежности.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между метеорологическими показателями и показателями смертности населения за 2000–2012 гг.

Table 1. The correlation coefficients between meteorological parameters and indicators of mortality in 2000–2012

	ОКС	$KC_{БСК}$	$KC_{нов.}$	$KC_{вн.}$
$t_{в}$	-0.10	-0.07	0.03	0.10
O	-0.01	0.04	0.18	-0.27
P_w	-0.41	-0.34	-0.13	-0.12
NW	0.07	-0.01	-0.28	-0.30

– температура воздуха; O – количество атмосферных осадков; P_w – парциальное давления водяного пара; NW – повторяемость северо-западного направления ветра; критический $r = 0.55$ при $P = 0.95$, $f = 11$.

– air temperature; R – amount of precipitation; Pw – partial pressure of water vapor; NW – repeatability of the north-west wind direction; critical $r = 0.55$ at $P = 0.95$, $f = 11$.

Вместе с тем, как оказалось, некоторые характеристики можно использовать для корректировки интерпретации графических построений и зависимостей.

На рис. 4 представлены графические модели, демонстрирующие связь между количеством выбросов загрязняющих веществ и показателями смертности, в том числе по двум из основных классов причин смерти – от болезней системы кровообращения и от внешних причин.

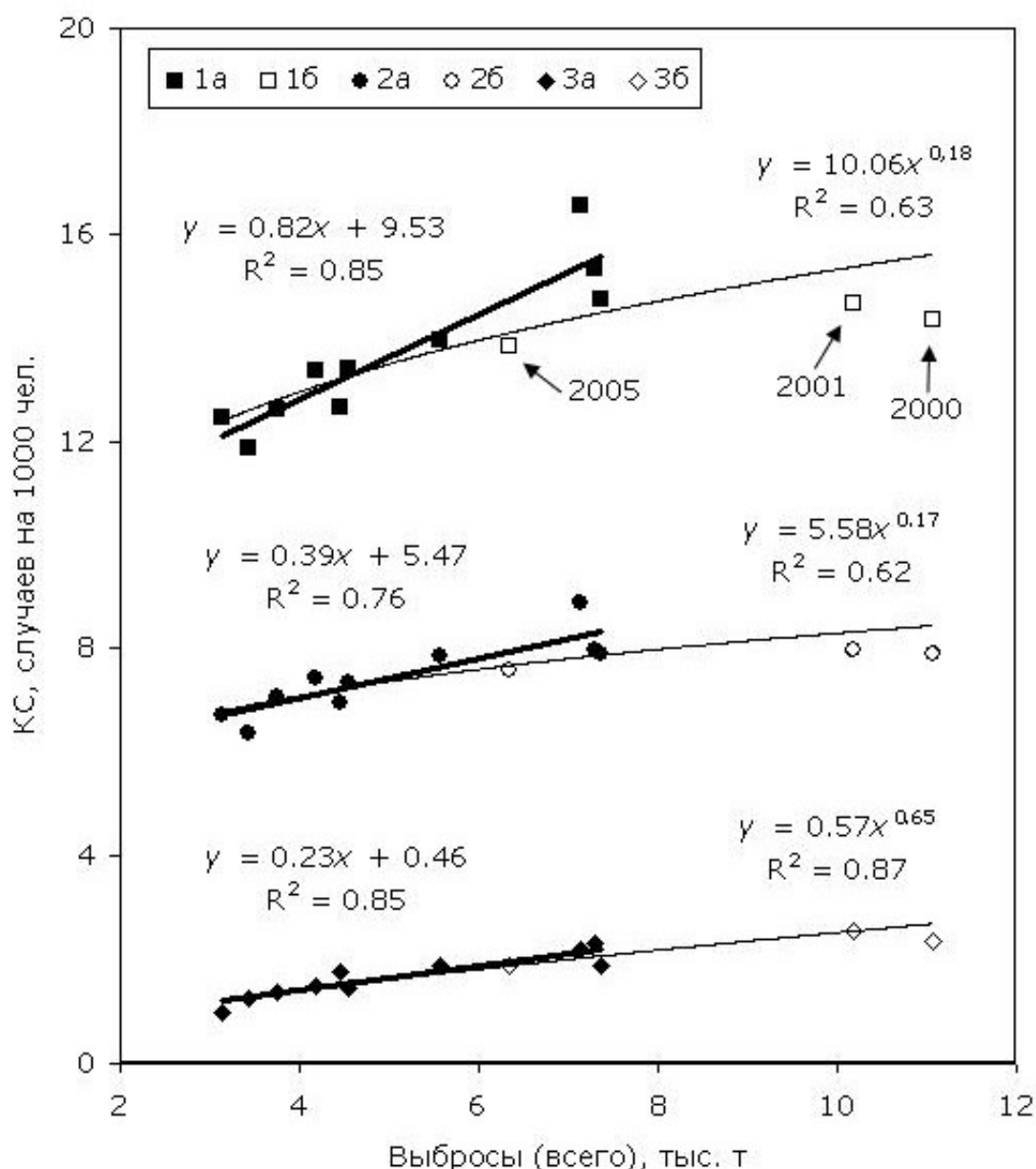


Рис. 4. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу г. Петрозаводска и значения коэффициентов смертности (источники данных указаны в разделе «Материалы»): 1 – ОКС; 2 – КС_{БСК}; 3 – КС_{ВН}.; а – годы со среднегодовой повторяемостью северо-западного направления ветра 6.8-9.7 % (2002-2012, кроме 2005); б – годы со среднегодовой повторяемостью северо-западного направления ветра 5.8-6.5 % (2000-2001, 2005); для каждой линии трендов сверху приведены уравнения (линейные или степенные) и коэффициенты детерминации (R^2)

Fig. 4. Emissions of air pollutants in Petrozavodsk and mortality coefficients (the data sources are listed in the section «Materials»): 1 – TMC; 2 – MC_{DCS}; 3 – MC_{Ext.}; а – years with an average annual frequency of the

north-west wind direction of 6.8–9.7 % (2002–2012, except 2005); *b* – the years with an average annual frequency of the north-west wind direction of 5.8–6.5 % (2000–2001, 2005); for each trend lines the equations (linear or power) and the coefficients of determination (R^2) are shown.

На рисунке темными маркерами показаны точки, соответствующие годам с большей среднегодовой повторяемостью северо-западного направления ветра (среднее составляет 8.2 %), светлыми – с меньшей (среднее – 6.2 %). При исключении из построений последних статистические связи для периода 2000–2012 гг. характеризуются достаточно низкими коэффициентами неопределенности ($1 - R^2$) линейных моделей (0.24–0.15). Точки, соответствующие данным 2000, 2001 и 2005 годов с наименьшими значениями среднегодовой повторяемости северо-западного направления ветра, при их включении в графические построения, снижают адекватность получаемых моделей. Их примерами являются линии, описывающие связь показателей смертности от болезней системы кровообращения и общей смертности населения с количеством выбросов (см. рис. 4). Коэффициенты неопределенности даже степенных моделей в этих случаях оказываются относительно высокими (0.38 и 0.37). В то же время максимальные значения смертности от болезней системы кровообращения (8.90 случая на 1000 человек) и общей смертности (16.55 случая на 1000 человек) зафиксированы в 2003 г., когда повторяемость северо-западного направления ветра также была максимальной за весь изучаемый период (9.7 % в годовом ходе).

Сильная статистическая связь отмечается между количеством выбросов и смертностью от внешних причин (см. рис. 4), показатели которой в рассматриваемый период последовательно снижались (см. рис. 2). В Республике Карелия смертность от внешних причин формируют следующие факторы: случайные отравления алкоголем, убийства, самоубийства и некоторые другие (Государственный доклад..., 2001..., 2007; Смертность..., 2014).

Следует отметить, что статистические данные в целом по Республике Карелия свидетельствуют об уменьшении доли случайных отравлений алкоголем в общем числе случаев смерти от внешних факторов – 21.1–24.7 % (2000–2005), 11.1–18.5 % (2006–2011) и 8.2 % (2012). Эту тенденцию, как представляется, можно распространить и на Петрозаводск. В справочной литературе отмечается (Вредные..., 1988), что, с одной стороны, алкоголики, наряду с курящими и лицами с заболеваниями системы кровообращения, тяжело переносят отравление оксидом углерода. С другой стороны, среди многообразия жалоб при хроническом отравлении оксидом углерода, обычно через два-три месяца после начала контакта с ним, среди прочего выделяется плохая переносимость алкоголя. Как было сказано выше, судебная медэкспертиза подтверждает увеличение риска смерти в результате отравления угарным газом при высокой концентрации этилового спирта в крови (Абдукаримов, Искандаров, 2010). Таким образом, чрезмерное разовое употребление алкоголя с летальным исходом может в какой-то мере оказаться одной из причин «парадоксальной» зависимости показателя смертности, связанной с внешними факторами, от уровня загрязнения атмосферного воздуха (см. рис. 4).

В целом в Петрозаводске в 2012 г. коэффициент смертности от внешних факторов составил 0.98 случая на 1000 человек (или в абсолютном выражении при среднегодовой численности населения за указанный год 267 тыс. 105 человек – 261 случай). Используя уравнение линейной модели, приведенное на рис. 4 для линии тренда, характеризующей связь между смертностью от внешних причин и выбросами загрязняющих веществ, при условии сглаживания действия других факторов и при сохранении линейного тренда в области экстраполяции вплоть до гипотетического прекращения выбросов ($x = 0$; $y = 0.46$), можно предположить, что в 2012 г., например, число погибших от всех внешних причин из-за влияния загрязнения воздуха (косвенный фактор) могло составить порядка 138 человек: $267105 \cdot (0.98 - 0.46) / 1000 = 138.9$.

Статистическая связь между показателями смертности и выбросами загрязняющих веществ иллюстрируется коэффициентами парной корреляции (табл. 2). Значения общего коэффициента смертности, коэффициентов смертности от болезней системы кровообращения и внешних причин в большей степени связаны с присутствием в выбросах диоксида серы и оксида углерода. С выбросами взвешенных веществ они связаны в меньшей степени (все значения коэффициентов корреляции незначимы при 95%-м уровне надежности).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между количеством выбросов загрязняющих веществ и показателями смертности населения

Table 2. The correlation coefficients between the amount of pollutant emissions and the indicators of mortality

	ОКС	КС _{БСК}	КС _{Нов.}	КС _{Вн.}
Всего выбросов	0.52	0.51	0.31	0.89
	0.87	0.76	-0.21	0.87
BB	0.48	0.47	-0.63	0.24
	0.55	0.54	-0.70	0.52
SO ₂	0.56	0.55	0.33	0.93
	0.87	0.77	-0.11	0.93
CO	0.52	0.50	0.34	0.72
	0.80	0.69	-0.11	0.67
NO _x	-0.28	-0.24	0.57	0.24
	-0.75	-0.75	0.45	-0.84

Примечание. Сокращенные обозначения коэффициентов смертности приведены на рис. 2 и 3; в верхних строках для каждого ингредиента – расчет для всех имеющихся данных (полная выборка за 2000–2009 гг.), критический $r = 0.63$ при $P = 0.95$, $f = 8$; в нижних строках – за исключением данных за 2000–2001, 2005 гг. с минимальной среднегодовой повторяемостью северо-западного направления ветра (см. рис. 4), критический $r = 0.75$ при $P = 0.95$, $f = 5$.

Note. Shorthand notation mortality coefficients are given in Fig. 2 and 3; in the upper rows for each ingredient – calculation for all available data (full statistical sample for 2000–2009), critical $r = 0.63$ at $P = 0.95$, $f = 8$; in the lower rows – with the exception of data for 2000–2001, 2005 with a minimum average annual frequency of the north-west wind direction (see Fig. 4), critical $r = 0.75$ at $P = 0.95$, $f = 5$.

Известно, что выживаемость больных злокачественными новообразованиями зависит от ряда причин, в том числе, возможно, более раннего выявления заболеваний и проведения качественного лечения (Государственный доклад..., 2010). Обычно ориентируются на 5-летнюю выживаемость, которая в 2009 г. составила по Республике Карелия 57.4 %. Вместе с тем по ряду раков выживаемость пациентов обычно очень низкая. Например, большинство больных раком легких, входящим, наряду с раками молочной железы, трахеи, бронхов, желудка, в число ведущих в региональной структуре онкопатологий (Государственный доклад..., 2007), умирают в первые три года после постановки диагноза (Мерабишвили, Дятченко, 2000).

Снижение выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, исходя из данных корреляционного анализа, не ведет к адекватному сокращению смертности от новообразований (см. табл. 2). В большей степени с уровнем смертности от новообразований могут быть связаны выбросы оксидов азота. Однако значения соответствующих коэффициентов корреляции не являются статистически значимыми (см. табл. 2).

Для получения адекватной информации о структуре изучаемых связей проведен факторный анализ методом главных компонент, результаты которого представлены в табл. 3. При расчетах использовались четыре выборки: в каждой последующей значения коэффициента смертности от новообразований смещались на один год таким образом, что в результате получились данные о статистической связи этого показателя с другими переменными с лагами в один, два и три года. Все значения переменных распределены по нормальному закону.

Таблица 3. Матрицы факторных нагрузок, рассчитанных для выявления статистической связи между количеством выбросов загрязняющих веществ и показателями смертности с оценкой временного лага

Table 3. Matrix of factor loadings calculated to identify the statistical relationship between the amount of the emissions of pollutants and mortality indicators with the estimate of the time lag

	Без лага		Лag 1 год		Лag 2 года		Лag 3 года	
	I	II	I	II	I	II	I	II
BB	0.15	-0.94	-0.77	-0.34	0.58	-0.56	0.58	-0.71
SO ₂	0.95	-0.08	-0.61	0.77	0.87	0.42	0.89	0.40
CO	0.92	-0.18	-0.72	0.61	0.89	0.29	0.85	0.27
NO _x	0.45	0.76	0.33	0.87	0.01	0.97	0.09	0.96
KC _{БКС}	0.62	-0.53	-0.85	0.03	0.79	-0.26	0.75	-0.31
KC _{Нов.}	0.53	0.69	0.59	0.64	-0.17	0.61	-0.66	0.05
d _f , %	43.7	37.8	44.4	37.4	42.4	32.8	47.6	29.0

Примечание. Обозначения переменных см. в примечаниях к предыдущим рисункам и таблицам; критическое значение для факторных нагрузок при P = 0.95 и f = 8 равно 0.63; d_f – вклад i-го фактора в общую дисперсию.

Note. Notation of variables see in the notes to the previous figures and tables; critical value of the factor loadings at P = 0.95 and f = 8 equals 0.63; d_f – the contribution of the i-th factor to the total dispersion.

Таблица 4. Матрицы факторных нагрузок после варимаксного вращения

Table 4. Matrix of factor loadings after varimax rotation

	Без лага		Лag 1 год		Лag 2 года		Лag 3 года	
	I	II	I	II	I	II	I	II
BB	0.48	-0.82	0.33	-0.78	0.40	-0.70	0.38	-0.83
SO ₂	0.91	0.28	0.97	0.14	0.95	0.16	0.97	0.17
CO	0.92	0.17	0.94	-0.04	0.94	0.03	0.89	0.05
NO _x	0.13	0.87	0.35	0.86	0.28	0.93	0.32	0.90
KC _{БКС}	0.77	-0.27	0.64	-0.56	0.69	-0.48	0.65	-0.48
KC _{Нов.}	0.23	0.84	0.01	0.87	0.01	0.64	-0.63	0.21
d _f , %	42.9	38.6	41.1	40.7	41.6	33.5	46.5	30.1

Анализ приведенных матриц выявил сильную статистическую связь между значениями коэффициента смертности от новообразований и количеством выброшенных в воздух оксидов азота. Причем эта связь проявляется на протяжении двухлетнего периода по окончании года, в котором допущены выбросы, затухая к третьему году. Подтверждаются сильные статистические связи между коэффициентом смертности от болезней системы кровообращения, с одной стороны, и выбросами диоксида серы и оксида углерода, с другой. Отсутствие значимой корреляции с количеством выбросов взвешенных веществ может быть объяснено дополнительным влиянием транспортных магистралей (Июффе, 2014), которое в данном исследовании не учитывалось.

Следует отметить, что диоксид азота относится к веществам, способным потенцировать действие канцерогенов (Первичная профилактика..., 2011), что в нашем случае может отражаться в выявленных статистических связях. Снижение выбросов диоксида серы (см. рис. 1), также способного усиливать действие канцерогенных веществ (Первичная профилактика..., 2011), в том числе создавать определенные условия в легочной ткани для проявления канцерогенного действия бенз(а)пирена (Вредные..., 1989), практически не отразилось на изменении онкологической ситуации (см. табл. 2–4). Между тем среднемесячная концентрация бенз(а)пирена, одного из возможных агентов, канцерогенные свойства которого могут быть усилены другими химическими загрязнителями, в атмосфере Петрозаводска в исследуемый период (данные за 2001–2005 гг.) составляла $2.2\text{--}3.1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ (2.2–3.1 ПДК) (Государственный доклад..., 2002–2006).

Заключение

Методы математической статистики дают возможность установить связь между количеством выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ и параметрами смертности населения в условиях

городской среды. В Петрозаводске снижение общей смертности населения, смертности от болезней системы кровообращения и внешних причин в течение 2000-2012 гг. статистически тесно связано с сокращением суммарных выбросов от сосредоточенных в городе источников загрязнения. При этом учет повторяемости наиболее экологически опасного для большей части населения города направления ветра (северо-западного) позволил объяснить некоторые отклонения от полученных трендов. Установлены статистические связи между изменением показателей смертности, в том числе по основным классам причин смерти, и количеством выбрасываемых ведущих загрязняющих компонентов. Так, общая смертность, смертность от болезней системы кровообращения и внешних причин связаны с присутствием в выбросах диоксида серы и оксида углерода.

Применение факторного анализа (метод главных компонент) позволило также получить данные о статистической связи между значениями показателя смертности от новообразований и выбросами оксидов азота. Созданные графические модели для подтверждения их достоверности в дальнейшем необходимо дополнять вновь поступающими данными. При отклонении новых данных от указанных моделей следует оценивать воздействие ранее отсутствовавших или слабо проявлявшихся факторов.

Наиболее опасными для большей части населения Петрозаводска являются выбросы от объектов Северной промышленной зоны и некоторых других, расположенных рядом с ней, источников загрязнения в сочетании с ветром северо-западного направления. Получение корректных данных по выбросам от передвижных источников, в том числе автотранспорта, позволит в дальнейшем дополнить оценку связи используемых демографических показателей с общим количеством выбросов загрязняющих веществ на городской территории.

Библиография

Абдалиев А. М. Терапевтические ремиссии у больных алкоголизмом мужчин, рабочих, занятых в промышленном производстве: [Therapeutic remission in male alcoholic patients, workers employed in industrial production] Автореф. дисс. ... канд. мед. наук / Всесоюз. науч. центр мед.-биол. проблем наркологии. М., 1991. 24 с.

Абдукаримов Б. А., Искандаров А. И. Особенности судебно-медицинской токсикометрии острых отравлений угарным газом, сочетанных с алкогольной интоксикацией [Forensic medical toxicometry of acute carbon monoxide poisoning during alcoholic intoxication] // Судебно-медицинская экспертиза. 2010. № 1. С. 30-33.

Баскаков В. Н., Андреева О. Н., Баскакова М. Е., Карташов Г. Д., Крылова Е. К. Страхование от несчастных случаев на производстве: актуарные основы [Personal accident insurance in production: actuarial bases] / Под ред. В. Н. Баскакова. М.: Academia, 2001. 192 с.

Бочков Н. П., Пузырев В. П., Смирнихина С. А. Клиническая генетика: учебник [Clinical genetics: the textbook] / Под ред. Н. П. Бочкова. 4-е изд., доп. и перераб. М., 2011. 592 с.

Вредные химические вещества. Неорганические соединения I-IV групп: Справ. изд. [Harmful chemicals. Inorganic compounds I-IV groups: Ref. ed.] / А. Л. Бандман, Г. А. Гудзовский, Л. С. Дубейковская и др.; Под ред. В. А. Филова и др. Л.: Химия, 1988. 512 с.

Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справ. изд. [Harmful chemicals. Inorganic compounds V-VIII groups: Ref. ed.] / А. Л. Бандман, Н. В. Волкова, Т. Д. Грехова и др.; Под ред. В. А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.

Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России). [Pollution of the environment and human health. (The sad experience of Russia)] Новосибирск: СО РАМН, 2002. 230 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2000 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2000] / Государственный комитет природных ресурсов по Республике Карелия. Петрозаводск, 2001. 248 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2001 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2001] / Комитет природных ресурсов по Республике Карелия. Петрозаводск, 2002. 240 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2002 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2002] / Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Республике Карелия. Петрозаводск, 2003. 256 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2003 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2003] / Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Республике Карелия. Петрозаводск, 2004. 313 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2004 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2004] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и продовольствия Республики Карелия; Сост. А. Д. Волков. Петрозаводск: Скандинавия, 2005. 335 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2005 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2005] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: ПетроПресс, 2006. 344 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2006 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2006] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Издательский Дом «Карелия», 2007. 308 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2007 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2007] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Издательство «Карелия», 2008. 304 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2008 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2008] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Издательство «Карелия», 2009. 288 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2009 году [State Report on the State of the Environment in the Republic of Karelia in 2009] / Министерство сельского, рыбного хозяйства и экологии Республики Карелия. Петрозаводск: Издательский Дом «Карелия», 2010. 296 с.

Июффе А. О. Определение уровня запыленности на территории г. Петрозаводска [Determining the level of dustiness on the territory of Petrozavodsk] // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 753-759.

Климатические изменения: взгляд из России [Climate change: the view from Russia] / Под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М.: ТЕИС, 2003. 416 с.

Колокольчикова Р. С. Социальные проблемы населения: пьянство и алкоголизм в промышленных городах Европейского Севера России (сер. 1960-х – сер. 1980-х гг.) [Social problems of the population: drunkenness and alcoholism in the industrial cities of Northern European Russia (Ser. 1960s – mid. 1980s.)] // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. СПб., 2011. № 130. С. 9-18.

Кузнецова Н. Ф. Проблемы криминологической детерминации [Problems of criminological determination] / Под ред. В. Н. Кудрявцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 208 с.

Мерабишвили В. М., Дятченко О. Т. Статистика рака легкого (заболеваемость, смертность, выживаемость) [Statistics lung cancer (incidence, mortality, survival)] // Практическая онкология. 2000. Т. 1. № 3 (03). С. 3-7.

Молчанова Е. В. Модель выбора оптимальной стратегии управления медико-демографическими процессами [Model of the selection of the optimal management strategy of medical-demographic processes] // Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск, 2012. № 1. С. 77-84.

Молчанова Е. В., Кручек М. М. Математические методы оценки факторов, влияющих на состояние здоровья населения в регионах России (панельный анализ) [Mathematical methods of assessment of factors affecting the health of the population in the regions of Russia (panel analysis)] // Социальные аспекты здоровья населения (электронный журнал). 2013. № 5 (33).

Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Framework for assessing the public health risk when exposed to chemicals that pollute the environment] / Под ред. Ю. А. Рахманина, Г. Г. Онищенко. М.: ГУ НИИ ЭЧИГОС им. А. Н. Сысина РАМН, 2002. 408 с.

Первичная профилактика рака в условиях современной России: Сборник информационно-методических писем. [Primary prevention of cancer in conditions of the modern Russia. Collection of informational-learning letters] М., 2011. 89 с.

Ревич Б. А., Авалиани С. Л., Тихонова Г. И. Экологическая эпидемиология [Environmental epidemiology]. М.: Академия, 2004. 384 с.

Римашевская Н. М., Мигранова Л. А., Молчанова Е. В. Факторы, влияющие на состояние здоровья населения России [Factors influencing health status of the Russian population] // Народонаселение. 2011. № 1. С. 38-49.

Рыбаков Д. С. Выбросы загрязняющих веществ как региональный фактор изменения показателей смертности [Pollutant emissions as regional factor of mortality rate change] // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2014. № 2 (139). С. 65-69.

Синицын И. С. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха города Ярославля на заболеваемость органов дыхания [Assessing the impact of air pollution of Yaroslavl on the incidence respiratory organs] // Ярославский педагогический вестник. Т. III (Естественные науки). Ярославль, 2011. № 1. С. 190-194.

Смертность по основным классам причин смерти [Mortality by main causes of death] / Карелиястат [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://krl.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krl/resources/dfb25c8043ae0164a172b5d06954faf7/71021.pdf (дата обращения: 20.07.2014).

Специализированные массивы для климатических исследований [Specialized arrays for climate research] / ВНИИГМИ-МЦД. Обнинск [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 22.07.2014).

Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2006. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf (дата обращения: 23.04.2014).

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1998. Toxicological Profile for Sulfur Dioxide. December, 1998. U.S. Public Health Service. URL: www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp116.pdf (дата обращения: 30.07.2014).

Hoi K.-I., Zhang D.-B., Mok K.-M., Yuen K.-V. Association of human mortality with air pollution of Hong Kong. Toxics. 2014. 2(2). P. 158-164.

Kim C., Jung S. H., Kang D. R., Kim H. C., Moon K. T., Hur N. W., Shin D. C., Suh I. Ambient particulate matter as a risk factor for suicide // Am. J. Psychiatry. 2010. 167. P. 1100-1107.

Pietrodangelo A., Bencardino M., Cecinato A., Decesari S., Perrino C., Sprovieri F., Pirrone N., Facchini M. C. Role of Atmospheric Pollution on Harmful Health Effects // CNR Environment and Health Inter-departmental Project: present knowledge and prospects for future research. Rome: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2010. P. 69-110. URL: http://issuu.com/cnr-dta/docs/pias_2010 (дата обращения: 18.04.2014).

Sulfur dioxide (CAS Reg. No. 7446-09-5). Final acute exposure guideline levels (AEGs). May, 2008. URL: www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/sulfur_dioxide_interim_may_2008_v1.pdf (дата обращения: 30.07.2014).

WHO (World Health Organization). 2014. Seven million deaths annually linked to air pollution. March, 2014. URL: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/ (дата обращения: 10.04.2014).

Statistical estimation of the relationship between mortality rates and pollutant emissions in the conditions of urbanization

RYBAKOV
Dmitry

*Institute of Geology, Karelian Research Center,
rybakovd@krc.karelia.ru*

Keywords:

emissions of pollutants
repeatability of wind directions
mortality coefficients
main causes of death

Summary:

There is statistical relationship between the reduced emission of pollutants from stationary sources and population mortality in Petrozavodsk from 2000 to 2012. The improvement of demographic indicators is significantly associated with the decrease of the total emitted mass as well as the emission of definite pollutants – carbon monoxide and sulfur dioxide. The exception is the mortality from neoplasms, that is significantly related to the amount of nitrogen oxides emission. Before 2004 these figures reduce, and then grow with considerable fluctuations. The impact of the pollutants emission on the mortality may become stronger or weaker because of the wind regime, in particular the repeatability of north-west wind, which is defined as environmentally significant when moving pollutants.

References



УДК 631.963.3

Анализ состояния зеленых насаждений в городской черте (на примере МО «Приволжский район»)

СУЛТАНОВА
Регина Айдарбековна

Астраханский государственный технический университет, 02091990r@mail.ru

Ключевые слова:

зеленые насаждения
Приволжский район
муниципальное образование

Аннотация:

В данной статье представлен анализ состояния зеленых насаждений на территории Приволжского района. В результате исследования были разработаны предложения по совершенствованию системы озеленения на территории МО «Приволжский район».

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: А. П. Царев

Получена: 27 февраля 2014 года

Опубликована: 12 сентября 2014 года

Введение

Благоустройство и озеленение в градостроительстве являются неотъемлемой частью общего комплекса мероприятий по планировке и застройке населенных мест. Они имеют важное значение в жизни человека, которая оказывает влияние на окружающую среду, особенно в городах (Маргайлик Г. И., 1999).

Проблема сохранения и развития зеленых массивов (садов, парков, лугов, скверов) – одна из важнейших проблем Приволжского района Астраханской области в области экологии.

В последние годы накоплен большой опыт по озеленению и благоустройству территории, создан широкий озеленительный ассортимент растений, а также разработана агротехника для их выращивания, найдены необходимые приемы для благоустройства и озеленения, специфичные для городов, а также определены способы содержания зеленых насаждений (Медведев Я. В. и др., 2009).

Приволжский район является одним из близлежащих районов Астраханской области, которая расположена в зоне резко континентального, засушливого климата (<http://astrakhan-meteo.ru>).

Растительный покров в районе в целом довольно скуден. Растительность в МО «Приволжский район» в основном сосредоточена в парках и скверах, доминирующие древесные породы:

- айлант (*Ailanthus*) – 29 %;
- акация (*Acacia*) – 11 %;
- вяз (*Ulmus*) – 3 %;
- клен остролистный (*Acer platanoides*) – 10 %;
- ясень (*Fraxinus ornus*) – 6 %.

Главные причины, которые препятствуют увеличению и расширению зеленого покрова, – особенности климата, высокая степень засоления почв вследствие подтопления Приволжского района (<http://www.mo-priv.ru>).

Материалы

Исследования проводились в отделе окружающей среды администрации муниципального образования «Приволжский район» Астраханской области в 2011–2013 гг.

В ходе работы были исследованы зеленые насаждения на территории МО «Приволжский район».

Методы

Для получения разносторонней характеристики зеленых насаждений нами использованы следующие методологические подходы (Маргайлик, 1999):

- определение жизненного и возрастного состояний деревьев,
- определение плотности зеленых насаждений на территории,
- расчет восстановительной и компенсационной стоимости зеленых насаждений,
- определение субсидий, необходимых на озеленение территорий городских и сельских поселений,
- определение проблем благоустройства и озеленения территории с помощью анкетного опроса.

Результаты

На территории МО «Приволжский район» наибольшее количество экземпляров находятся в возрастной группе 15–30 лет. Наибольшая доля зеленых насаждений приходится на айлант (29 %), клен остролистный (10 %), акацию белую (9 %). Следует отметить, что большинство деревьев относятся ко 2–3-му классам жизненности (см. таблицу).

Для сохранения экологического равновесия район нуждается в лесопарковой зоне в 1066100 га, однако имеет в настоящее время лишь 37662 га, что составляет всего 3.5 % от потребности.

Наибольшая восстановительная и компенсационная стоимость зеленых насаждений (81522 руб.) приходится на долю Началовского сельсовета, что связано с большой площадью данного сельсовета по сравнению с другими. Наименьшая восстановительная и компенсационная стоимость зеленых насаждений (33665 руб.) приходится на долю Фунтовского сельсовета. На данной территории заниматься озеленением не представляется возможным в связи с отсутствием бесперебойной подачи воды, кроме того, отмечается неудовлетворительное обеспечение сохранности насаждений от погрызов скотом.

Сельсовет	Кол-во посаженных зеленых насаждений	Сохранилось, шт.	% приживаемости	Требуется дополнение, шт.
Началовский	815	402	49.3	413
Осыпнубугорский	319	126	39.5	193
Растопуловский	244	241	98	3
Трехпротокский	202	130	64.4	72
Фунтовский	144	34	23.6	110

Наибольшая площадь озеленяемых территорий общего пользования, а значит, и объем субсидий, предоставляемых МО на 2009–2011 гг., приходились на долю МО «Началовский сельсовет» (1167.6 тыс. руб.), наименьшая – на долю МО «с. Растопуловка» (262.8 тыс. руб.).

При анкетировании местного населения было выявлено, что жители не равнодушны к озеленению и благоустройству данной территории, готовы участвовать во всех акциях, связанных с озеленением и благоустройством, а некоторые из них даже внесли предложения по усовершенствованию озеленения и благоустройства. По результатам анкетирования большинство опрошенных (23 %) дали хорошую оценку уровня благоустройства и озеленения территории Приволжского района, 70 % – удовлетворительную, 7 % – неудовлетворительную. В анкетировании участвовали 100 человек.

В соответствии с Генеральным планом МО «Приволжский район» к 2025 г. планируется ввести дополнительные площади зеленых насаждений общего пользования в размере 1059 га, в том числе: парки (529.5 га), детские парки (30.5 га), озеленение водоохранных зон (100.0 га), озеленение санитарно-защитных зон промышленных и коммунальных объектов (200.0 га), скверы (199 га). Но и этой радикальной меры для данного района будет недостаточно.

При озеленении необходимо учитывать особенность климатической зоны и высаживать солеустойчивые и жароустойчивые породы.

Приоритетным в проектировании для Приволжского района должно стать озеленение поперечных осей района, являющихся проводниками чистого прохладного воздуха от реки в сторону населенного пункта. Зеленые насаждения гарантируют здоровые условия жизни, деятельности и отдыха населения – сопряженный элемент планировочной структуры жилых массивов.

Состояние скверов и парков вызывает тревогу. Редко производится профилактический уход за зелеными насаждениями, в результате растения подвержены многочисленным механическим повреждениям и болезням. Замена погибших молодыми деревьями производится очень редко, в основном возобновляется путем самосева, который отрицательно отражается на озеленении и

благоустройстве района.

При озеленении территории МО «Приволжский район» был соблюден главный норматив – нормативная плотность размещения кустарников и деревьев (шт./га), данный норматив обоснован материалами многолетних исследований. Необходимо отметить, что норматив работает только при условии обеспечения регулярного ухода за насаждениями.

По результатам исследований в рамках мониторинговой оценки зеленых насаждений в данном районе проводятся следующие мероприятия: слежение за динамикой состояния зеленых насаждений; мониторинг экологических ситуаций; определение причин нарушения их состояния; анализ данных для принятия эффективных управленческих, природоохранных и хозяйственных решений.

Заключение

Были разработаны предложения по совершенствованию системы озеленения на территории МО «Приволжский район»:

- осуществление ежеквартального анкетирования местного населения;
- строительство дополнительных площадей зеленых насаждений общего пользования;
- высаживание солеустойчивых и жароустойчивых пород в связи с резко континентальным, засушливым климатом.

В результате работы создается электронная карта муниципального образования «Приволжский район» с нанесением всех зеленых насаждений населенного пункта с их количественно-качественной характеристикой.

Библиография

Маргайлик Г. И. Справочник озеленителя: учеб. пособие. М.: Полымя, 1999. С. 144.

Медведев Я. В., Александровская З. И., Букреев Е. М., Юксевич Н. Н. Благоустройство городов. М.: Высш. шк., 2009. С. 98.

Метеоданные Астраханской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://astrakhan-meteo.ru>

Официальный сайт муниципального образования «Приволжский район» АО / Администрация МО «Приволжский район». Астрахань, 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mo-priv.ru/>

Analysis of the state of green planting in urban areas (by the example of Volga region)

**SULTANOVA
Regina**

*Astrakhan State Technical University,
02091990r@mail.ru*

Keywords:

green plantings
Volga region
municipality

Summary:

This article discusses the analysis of green planting in the Volga region. As a result of the research, proposals were developed to improve the landscaping in the territory of the municipality "Volga region".

References



Госпожа Биометрия

ЛИННИК
Юрий Владимирович

Петрозаводский государственный университет,
yulinnik@yandex.ru

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Получена: 07 сентября 2014 года

Опубликована: 12 сентября 2014 года

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия. Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2013. 110 с.

Госпоже Биометрии в этом году исполняется 125 лет.

– *Числа правят миром!* – провозгласил двадцать пять веков тому назад Пифагор.

– *Числа правят жизнью!* – мог бы воскликнуть ему в унисон Фрэнсис Гальтон, придумавший в 1889 г. понятие *biometry*. Кузен Чарльза Дарвина, он изучил вдоль и поперек «Происхождение видов» – причем его буквально заворожила глава «Изменчивость у одомашненных животных».

Эта вариабельность признаков!

Поначалу она кажется хаотической – ошеломляет своей непредсказуемостью – уходит от классификации.

Фрэнсис Гальтон первым начал осваивать *признаковое пространство*.

Статистически изучая поток изменчивости, он выявлял в нем соответствия, повторности, сцепления.

Вскоре был открыт *закон корреляции*.

Вот как его содержание передают Э. В. Ивантер и А. В. Коросов: «*Взаимная связь (взаимная зависимость) двух признаков при их изменчивости, т. е. сопряженность их вариации, называется корреляцией*» (с. 51).

Книга отмечена краткостью и точностью формулировок. Успешно используя *бритву Оккама*, авторы отсекают подробности, избыточные для обобщающего издания. Биометрию видишь целостно: прекрасное сложение – элегантность в движении мысли.

Г. В. Лейбниц задавался вопросом: как бесконечное *множество монад* согласуются друг с другом? В поиске ответа он пришел к идее *предустановленной гармонии*, источником которой, с его точки зрения, является *Бог*, а с нынешних позиций – *синергетика*.

О биометрии можно сказать следующее: некое подобие такой гармонии она нашла для *множества признаков*, дав ему такое название: *генеральная совокупность*.

Это не-классическая гармония.

Основа у нее вероятностная.

Случайное, свободно-спонтанное в новой картине мира – ее создавала прежде всего физика – взяло верх над необходимым, жестко детерминированным.

Биометрия тут внесла свою весомую лепту.

Ломка взглядов оказалась трудной.

Мнилось, что задето и эстетическое чувство природы – оно воспитывалось на простых и ясных композициях, имеющих малое число элементов. Тогда как биометрия опирается на сложное – массовое – нелинейное!

Гармония потеряна?

Вовсе нет! Она обрела поначалу непривычную, но на поверку более глубокую форму.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{(n-1)s_x s_y}$$

Это коэффициент корреляции Карла Пирсона.

Классик биометрии, он являлся выдающимся философом науки, его резко критиковал В. И. Ленин. Уже это указывает: стоящий был мыслитель.

Природа в эпохальном уравнении звучит на манер «Гольдберг-вариаций» И. С. Баха. Мы видим, как струи изменчивости, казавшиеся поначалу турбулентными, начинают походить на струны, настроенные по своеобразному камертону.

Имеют место и резонансы, и контрапункты.

Звучание получается полифоническое. Оно лишь для новичка похоже на *белый шум* – опытный слух улавливает в нем красивую структуру.

В книге мы прочтем о *множественной корреляции* (с. 64).

Теперь учитывается не два, а энное количество сопряженных признаков – гармония биоса предстает все более многомерной, многофакторной.

Наше чувство красоты развивалось под влиянием локальных *форм*.

Биометрия добавляет к ним статистические *распределения*.

Сколь симметрично *нормальное распределение*!

А вот в *распределении Парето* мы видим резкое правостороннее смещение.

С рембрандтовской светотенью ассоциируется *альтернативное распределение*.

Тогда как знаменитое *распределение Пуассона* отмечено моментом острания, новизны.

Вообще игра распределений часто парадоксальна: наши *ожидания* – и математические, и логические – обманываются. Каких детей мы ждем от высокорослого отца? Естественно, тоже высокорослых! Однако на самом деле наличествует обратная зависимость. Исходя из этих наблюдений, как бы задирающих здравый смысл, Ф. Гальтон сформулировал *закон регрессии*.

С госпожой Биометрией не заскучаешь!

Над входом в Академию Платона висела надпись: «*Да не войдет сюда не знающий геометрии!*»

Над входом в эколого-биологический факультет ПетрГУ мне видится другой императив: «*Да не войдет сюда не знающий биометрии!*»

Под руководством великого декана Эрнеста Викторовича Ивантера здесь ее изучают с прилежностью и любовью.

125 лет: для науки это – ювильная пора. А сколько сделано!

Lady Biometry

LINNIK
Yury

PetrSU, yulinnik@yandex.ru

References



Звери как они есть

МАКАРОВ

ПетрГУ, a.makarov@karelia.ru

Александр Михайлович

© 2014 Петрозаводский государственный университет

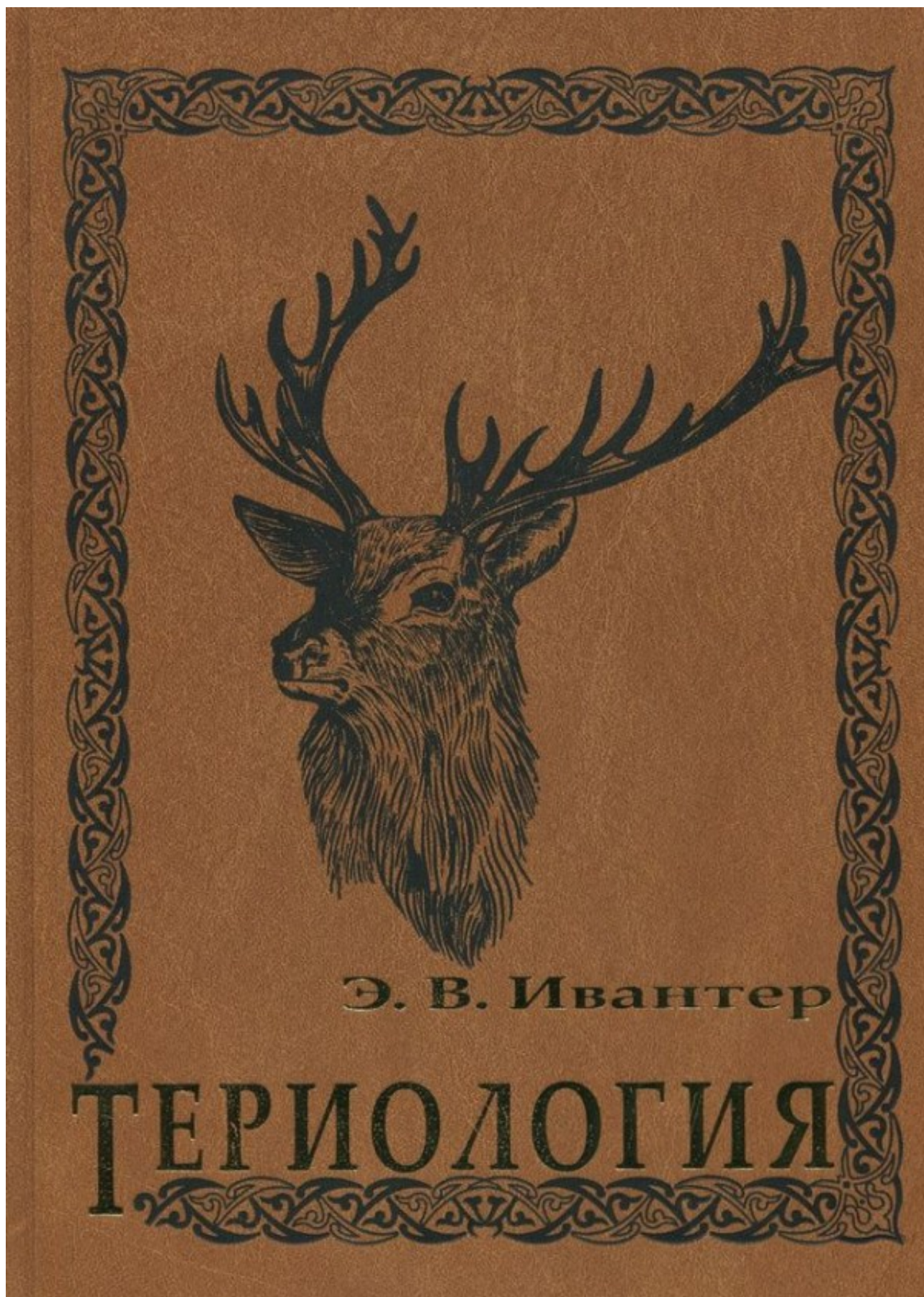
Опубликована: 02 октября 2014 года

Учебников и учебных пособий по зоологии отдельных групп позвоночных издано очень немного, но даже на этом общем скудном фоне териологии особенно не повезло: в XX веке на русском языке существовал единственный учебник И.И. Барабаш-Никифорова и А.Н. Формозова (1963), который уже давно стал библиографической редкостью. Однако необходимость в подобном учебнике по прежнему существует, поскольку териология продолжает интенсивно развиваться и нынешнее ее состояние совсем не тождественно тому, которое было в середине прошлого века. Новый учебник «Териология» Эрнеста Викторовича Ивантера (2014) является яркой и вполне успешной попыткой отразить именно современное состояние этой науки.

Общая структура книги является вполне традиционной и рациональной для учебника, предназначенного для углубленного знакомства с классом млекопитающих. С одной стороны, рассмотрены различные стороны биологии данной группы, с другой – нет повтора общей информации, приводимой в учебниках зоологии позвоночных. Основывается она на лекционном курсе, который многие годы читается в Петрозаводском университете. Начинается книга с обзора происхождения и основных этапов эволюции млекопитающих (раздел написан А. К. Агаджаняном), далее следует очерк строения и подробный обзор различных сторон биологии и экологии млекопитающих. Отдельные разделы посвящены пространственной структуре и динамике численности популяций млекопитающих. Завершается книга систематическим обзором класса.

Нетрадиционной здесь представляется сама манера подачи информации – книга читается не как сухой учебник, а скорее как энциклопедия или книга для чтения. Мы уже отвыкли от подобного стиля изложения в научной литературе – он почти совсем ушел вместе с учеными-энциклопедистами. Но именно он может привлечь читателей и пробудить интерес к данной группе у будущих исследователей. Чувствуется, что автор поставил перед собой задачу не просто представить свод современной информации о зверях, а прежде всего, заинтересовать читателя данной группой животных.

Считаю, что эта большая книга будет полезной в первую очередь для студентов-биологов и экологов, но едва ли ее прочтут самые нерадивые – книга предназначена только для тех, кто действительно интересуется млекопитающими. Одновременно эта работа представляет интерес и для научных сотрудников биологического профиля как обобщенная сводка информации по классу Mammalia. Благодаря яркому и простому слогу любой заинтересованный читатель найдет в ней для себя много нового и интересного.



Библиография

Барабаш-Никифоров И. И., Формозов А. Н. Териология. М.: Высшая школа, 1963. 396 с.

Ивантер Э. В. «Териология» Петрозаводск. Издательство ПетрГУ, 2014. 703 с.

Animals as they are

MAKAROV
Alexandr

PetrSU, a.makarov@karelia.ru

References