

УДК 504(064)

Исследование влияния загрязнения почв на здоровье жителей города Ивано-Франковска

Д.Ф. Тымкив^а, М.В. Крыхивский^б

¹ Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, ул. Карпатская 15, Ивано-Франковск, Украина
^аinformatik@nung.edu.ua, ^бkrmv@meta.ua
Статья поступила 14.12.2013, принята 17.02.2014

В статье решается актуальное научно-практическое задание – разработка индикативных показателей экологической безопасности города. Методологическую основу исследования составляют теоретические принципы системного подхода к управлению качеством окружающей среды. Для эффективной работы служб экологической безопасности города следует использовать автоматизированные рабочие места разных уровней с использованием информационных аналитических систем. Наиболее эффективным является использование автоматизированных рабочих мест в работе аналитиков, когда имеющаяся электронно-вычислительная техника и средства коммуникации образуют единую вычислительную сеть аналитического обеспечения. Территория города Ивано-Франковска условно была разделена на экологические участки, для которых определены средние концентрации микроэлементов в почвах, первичная заболеваемость, распространенность заболеваний и смертность населения от разных типов болезней. В результате статистического анализа найдены количественные сочетания концентраций микроэлементов в почве, которые влияют на здоровье людей. На основе результатов исследования разработаны показатели экологического состояния почв. Для их расчета предложена информационная система экологической безопасности города. Ее можно использовать в государственных и частных организациях для оценивания земельных участков с целью приватизации, процедур покупки и продажи земли с учетом экологических факторов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, урбоэкосистема, показатели экологической безопасности, здоровье, информационная система.

Research of influence of soil pollution on the health of residents of the city of Ivano-Frankivsk

D.F. Tymkiv^а, M.V. Krykhivsky^б

Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, 15 Karpatskaya St, Ivano-Frankivsk, Ukraine
^аinformatik@nung.edu.ua, ^бkrmv@meta.ua
Received 14.12.2013, accepted 17.02.2014

The article deals with contemporary scientific and practical task – development of performance indicators of ecological safety of the city. Methodological basis of research has been formed by the theoretical principles of a systematic approach to quality management environment. For effective operation of the environmental safety of the city, workstations of different levels of information and analytical systems should be used. The most effective is the use of workstations in the analysts' work, when the available computing appliances and communications form a single computer network of analytical support. The territory of the city of Ivano-Frankivsk was conditionally divided into environmental areas to define medium occupational trace elements in soils, the primary incidence, prevalence, morbidity and mortality of the population of different types of diseases. As a result of statistical analysis, the combination of quantitative trace element concentrations in the soil, which affect people's health have been found. On the basis of research results the indicators of ecological condition of soils have been developed. To calculate them, information system of ecological safety of the city has been proposed. It can be used in public and private organizations for the land evaluation in privatization, procedures of land purchase and sale, taking into account ecological factors.

Keywords: ecological safety, urban ecosystem, indicators of environmental safety, health, informative system.

Введение. Интенсификация экономики, рост промышленного производства, как правило, сопровождаются ухудшением состояния окружающей среды. Особенно остро это проявляется в городах, где сконцентрированы основные производственные мощности. Как следствие – увеличение вероятности возникновения экологического кризиса, что однозначно приведет к ухудшению общего состояния здоровья населения. В такой ситуации необходимы научно аргументирован-

ное оценивание состояния экологической безопасности [1] и, в случае необходимости, квалифицированное вмешательство в процессы антропогенного воздействия на окружающую среду.

Анализ антропогенного влияния на экосистемы свидетельствует [2], что деградация окружающей среды Украины приобрела такие масштабы, что вышла за пределы биологического приспособления живых организмов к среде существования, то есть потеряна стой-

кость экосистем. Если в качестве аккумулирующего показателя антропогенного «давления» на окружающую среду принять здоровье населения, тогда объективные медицинские данные свидетельствуют [3] о всевозрастающем влиянии экологических факторов на физический потенциал общества.

Очевидно, что ресурсный характер показателей состояния окружающей среды, принятый на Украине, не отвечает современным требованиям формирования системы устойчивого развития, которые основываются на принципах международной Конференции ООН по вопросам окружающей среды и развития [2]. Актуальным становится внедрение интегрированных показателей состояния окружающей естественной среды, что позволило бы согласованно рассматривать проблемы состояния среды, человеческого существования и социально-экономического развития.

Экологические факторы в природе действуют комплексно [4]. Особенно важно помнить, оценивая влияние химических загрязнителей, что суммарный эффект (на негативное действие одного вещества накладывается негативное действие других) очень сильно изменяет условные значения предельно допустимых концентраций (ПДК), приведенных в справочниках. Этот вопрос на сегодня еще мало изучен, но вследствие актуальности и большого значения находится в состоянии активного исследования во всех развитых странах. Процесс экологического нормирования и установления стандартов качества окружающей среды обеспечивает лишь частичное гарантирование оптимальных параметров состояния окружающей среды. Концепция ПДК имеет много уязвимых мест [5], особенно это касается комплексной оценки суммарного (совокупного) воздействия загрязнителей на здоровье человека.

Постановка задачи. Проанализировать данные о концентрациях микроэлементов Mg, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ca, Sr, Zn, Ba, Pb в почвах города Ивано-Франковска и заболеваемость населения. В случае выявления статистически значимых связей определить функциональные зависимости для разработки экологических показателей состояния почв города.

Исследование распространения микроэлементов Mg, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ca, Sr, Zn, Ba, Pb в почвах Прикарпатского региона и их влияние на распространение злокачественных новообразований, болезней системы крови, офтальмологических и стоматологических заболеваний проводились Ивано-Франковским медицинским институтом. В итоге было установлено, что по сравнению с кларками содержится Mn и Pb в почвах более высокое, Ti, Cr, Cu, Sr, Ba – более низкое, а V – отвечает кларку.

Исследование взаимосвязей загрязнения территории города Ивано-Франковска и здоровья населения началось с отбора и анализа данных. Анализ данных выполнялся в несколько последовательных этапов:

1) установление причинно-следственных связей между исследуемыми признаками (выявление факторов и выбор тех, которые больше всего влияют на результирующий показатель);

2) формирование корреляционно-регрессионных моделей (информационное обеспечение анализа, выбор типа и формы связи, формирование моделей);

3) оценка адекватности моделей и использования ее для решения практических задач, например, для принятия решений, прогнозирования, планирования, нормирования и тому подобное.

Для исследования территория города Ивано-Франковска была условно разделена на 12 частей [6], которые названы экологическими участками. Каждый участок характеризуется концентрациями микроэлементов в его почве, заболеваемостью и смертностью населения, проживающего на его территории.

Образцы почв отбирались металлическим стаканом диаметром 80-90 мм. Отбор проводился по методикам и в соответствии с требованиями государственного стандарта № 17.04.3.01.83 и № 17.4.4.02.84 с учетом почвенной, ландшафтной и геоморфологической карт города для охватывания равномерной сетью всех типов почв. Выбирался участок размером 5x5 м, который находился не меньше, чем в 50 м от дороги, и на нем отбирались образцы почвы, которые объединялись в одну пробу. Если земля была ненарушенной, тогда отбор осуществлялся с глубины 10-20 см, в противном случае – с глубины 20-30 см. Из пробы удалялись частицы растений и обломки пород. Вес пробы составлял 1,2-1,5 кг.

Территориально пробы охватывали весь город и прилегающие незаселенные земли. Анализ выполнялся рентгенофлюоресцентным методом, прибором НАТ (анализатором токсичных элементов), в Ивано-Франковской областной санитарно-эпидемиологической станции, в Бюро минеральных ресурсов Одесского национального университета и с помощью плазмокванта Ивано-Франковской государственной медицинской академии. Контрольные анализы выполнялись в лаборатории Государственного управления экологии и природных ресурсов Ивано-Франковской области методом атомно-адсорбционной спектроскопии, приборами Сумского приборостроительного объединения. Всего были отобраны и проанализированы 202 пробы.

Человеческий организм реагирует на загрязнение окружающей среды болезнями, которые называют его маркерами. К таким можно отнести: 1_x – болезни крови и кроветворных органов; 2_x – болезни органов дыхания, среди них 3_x – хронический бронхит, 4_x – бронхиальная астма; 5_x – болезни органов пищеварения; 6_x – онкологические заболевания. Такая классификация отвечает международной статистической классификации болезней, травм и причин смерти.

Данные заболеваемости и смертности выбраны из официальных статистических отчетов о терапевтической группе заболеваний взрослых людей. В этих отчетах выделено 107 участков зон обслуживания всех 4-х поликлиник города Ивано-Франковска (249457 нозологических единиц).

Для анализа вычислены средние значения общей распространенности заболеваний и распространенности болезней-маркеров; средние значения общей и болезней-маркеров первичной заболеваемости за год; средние значения общей смертности и от болезней-маркеров за год. Важной характеристикой заболеваемости и смертности являются темпы их изменения. Поэтому также были проанализированы данные изменения за 9 лет распространенности заболеваний, первичной заболеваемости и смертности.

Для формулировки задачи исследования средние содержания микроэлементов в почвах экологических участков обозначены как $x_{i,j}$, где i – номер экологического участка, который изменяется от 1 до 12, а j – номер химического элемента: 1 – Hg, 2 – Be, 3 – Cd, 4 – Co, 5 – Pb, 6 – As, 7 – Se, 8 – Cu, 9 – Cr, 10 – Zn, 11 – Fe, 12 – Al. Эти переменные описывают экологические условия и являются входными переменными. Выходные переменные описывают состояние заболеваемости и смертности населения и обозначены как $nz_{i,j}$, $nzI_{i,j}$, $s_{i,j}$, $tnz_{i,j}$, $tnzI_{i,j}$ – соответственно, распространенность заболеваний, распространенность первичной заболеваемости, смертности и темпов роста распространенности и первичной заболеваемости, где i – номер экологического участка, j – тип заболевания. Еще один тип переменных, которые непосредственно не измеряются, обозначим как y_i , где i – номер экологического участка, который изменяется от 1 до 12. Эти латентные переменные отображают влияние уровня доходов населения, уровень медицинского обслуживания, наследственность и погрешности измерения.

Общая задача статистического исследования зависимостей заключается в построении такой векторной функции по результатам измерений переменных $x_{i,j}$, которая позволила бы определять (прогнозировать) значения переменных $nz_{i,j}$, $nzI_{i,j}$, $s_{i,j}$, $tnz_{i,j}$, $tnzI_{i,j}$ наилучшим образом, в определенном понимании, например, в понимании метода наименьших квадратов. Для решения этой задачи необходимо установить сам факт существования или отсутствия статистически значимой связи между $x_{i,j}$ и $nz_{i,j}$, $nzI_{i,j}$, $s_{i,j}$, $tnz_{i,j}$, $tnzI_{i,j}$. В случае существования такой статистической связи нужно найти соответствующую векторную функцию $f(x_{i,j})$.

На любой из показателей $nz_{i,j}$, $nzI_{i,j}$, $s_{i,j}$, $tnz_{i,j}$, $tnzI_{i,j}$ может влиять не один, а несколько факторов $x_{i,j}$ (регрессоров). В таких случаях имеем дело с множественной моделью (регрессией), которая описывает взаимную связь между зависимой переменной и регрессорами (объясняющими переменными). Обозначив зависимую переменную как Y , а регрессоры – как X_1, X_2, \dots, X_m , зависимость можно записать в таком виде:

$$M(Y / X_1, X_2, \dots, X_m) = f(X_1, X_2, \dots, X_m), \quad (1)$$

где в левой части уравнения записано условное математическое ожидание зависимой переменной Y от m независимых объясняющих переменных.

Общая запись линейной множественной регрессии может быть сделана в матричном виде:

$$\vec{Y} = X \cdot \vec{B} + \vec{E}. \quad (2)$$

Компоненты B_j вектора \vec{B} есть величины постоянные, которые можно найти с помощью формулы [7]:

$$\vec{B} = (X'X)^{-1} X'Y. \quad (3)$$

Выбор параметрического семейства функций, отличающихся от линейных, на данный момент является наименее теоретически обоснованным. В первую очередь, следует провести анализ содержательной сущности искомой зависимости, максимально используя априорную информацию.

Средние значения концентраций 12 химических элементов в почвах 12 экологических участков города Ивано-Франковска, средние значения распространенности заболеваний, первичной заболеваемости и смертности жителей тех же 12 экологических участков считались случайными величинами. С целью проверки гипотезы соответствия распределений данных случайных величин нормальному закону вычислялись эксцесс и асимметрия, отличие которых от 0 указывало на степень отклонения от нормального распределения.

Эксцесс распределений только кобальта, свинца и меди являлся незначительным, но асимметрия их распределений достаточно значительна. Анализ данных эксцесса и асимметрии распределения химических элементов указал на то, что ноль-гипотеза нормальности распределения для всех 12 элементов должна быть отклонена.

Эксцесс и асимметрия заболеваний и смертности указали на близость к нормальному распределению распространенности хронического бронхита, темпов роста распространенности хронического бронхита и бронхиальной астмы, первичной заболеваемости бронхиальной астмой и онкологическими заболеваниями, темпов роста общей первичной заболеваемости, темпов роста первичной заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов, темпов роста первичной заболеваемости болезнями органов пищеварения, смертности от болезней крови и кроветворных органов.

Также для проверки нормальности распределения использовался критерий Шапиро-Уилка. Он хорошо зарекомендовал себя для выборок небольшого объема [7] и базируется на отношении оптимальной линейной несмещаемости оценки дисперсии к ее обычной оценке методом максимальной правдоподобности. Расчеты статистик критерия Шапиро-Уилка для средних значений содержания химических элементов в почве, заболеваемости и смертности доказали, что гипотеза о нормальности распределения для этих данных отклоняется для всех уровней значимости.

Поскольку законы распределения средних значений концентраций 12 химических элементов в почвах 12 экологических участков города Ивано-Франковска и средних значений распространенности заболеваний, первичной заболеваемости и смертности жителей тех же 12 экологических участков не соответствуют нормальному закону распределения, взаимозависимость между ними нужно определять непараметрическими методами, например, с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Если в выборках не было одинаковых значений, тогда коэффициент ранговой корреляции Спирмена вычислялся формулой [7]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (4)$$

где n – объем выборки, а D – разница соответствующих пар рангов. Для рядов, у которых были одинаковые числа, использовались формулы:

$$r_{S,B} = 1 - \frac{6 \sum D^2}{(n^3 - n)(T_{x'} + T_{y'})}, T_{x'} = \frac{1}{2} \cdot \sum (t_{x'}^3 - t_{x'}),$$

$$T_{yx} = \frac{1}{2} \cdot \sum (t_{y'}^3 - t_{y'}), \quad (5)$$

где $t_{x'}$ – количество одинаковых значений в первом ряду, $t_{y'}$ – количество одинаковых значений в первом ряду во втором ряду значений, между которыми определяется зависимость.

Найденные зависимости. В результате расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена для ряда средних значений содержания химических элементов в почве экологических участков города Ивано-Франковска и рядов средних значений распространенности заболеваний, первичной заболеваемости и смертности установлено наличие связи между ними. Между общей распространенностью заболеваний и средним содержанием меди в почве существует обратная зависимость со значимостью 0,05 и прямая зависимость со значимостью 0,1 со средним содержанием селена; распространенность заболеваний крови и кроветворных органов обратно зависит от среднего содержания железа (значимость 0,05) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1); распространенность болезней органов дыхания обратно зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,05); распространенность хронического бронхита обратно зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,05) и прямо зависит от среднего содержания мышьяка (значимость 0,1); распространенность бронхиальной астмы обратно зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,025) и среднего содержания железа (значимость 0,05) и прямо зависит от среднего содержания мышьяка (значимость 0,1) и среднего содержания цинка (значимость 0,1); распространенность болезней органов пищеварения обратно зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,05), среднего содержания железа (значимость 0,005) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05) и прямо зависит от среднего содержания мышьяка (значимость 0,1); распространенность онкологических заболеваний прямо зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания хрома (значимость 0,025), среднего содержания железа (значимость 0,005) и среднего содержания алюминия (значимость 0,001).

Общая первичная заболеваемость прямо зависит от среднего содержания селена (значимость 0,1); первичная заболеваемость болезнями крови и кроветворных органов прямо зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,05), среднего содержания железа (значимость 0,1) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1); первичная заболеваемость болезнями органов пищеварения обратно зависит от среднего содержания кобальта (значимость 0,1) и среднего содержания цинка (значимость 0,05); первичная онкологическая заболеваемость обратно зависит от среднего содержания бериллия (значимость 0,025) и прямо зависит от среднего содержания ртути (значимость 0,001), среднего содержания кадмия (значимость 0,025), среднего содержания хрома (значимость 0,1), среднего содержа-

ния железа (значимость 0,05) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05).

Общая смертность обратно зависит от среднего содержания кобальта (значимость 0,05), среднего содержания меди (значимость 0,1) и среднего содержания цинка (значимость 0,01) и прямо зависит от среднего содержания ртути (значимость 0,01); смертность от болезней крови и кроветворных органов прямо зависит от среднего содержания железа (значимость 0,05) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1); смертность от болезней органов дыхания обратно зависит от среднего содержания меди (значимость 0,05) и прямо зависит от среднего содержания хрома (значимость 0,05); смертность от хронического бронхита прямо зависит от среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания свинца (значимость 0,1), среднего содержания хрома (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,1) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1); смертность от астмы прямо зависит от среднего содержания хрома (значимость 0,025), среднего содержания железа (значимость 0,1) и среднего содержания алюминия (значимость 0,025); смертность от онкологических болезней обратно зависит от среднего содержания меди (значимость 0,05).

Результаты расчета коэффициента ранговой корреляции Спирмена для ряда средних значений содержания химических элементов в почвах экологических участков города Ивано-Франковска и рядов темпов роста распространенности заболеваний, первичной заболеваемости и смертности показывают обратную зависимость темпов роста распространенности заболеваний от среднего содержания ртути (значимость 0,05), среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,01) и среднего содержания алюминия (значимость 0,025) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,025); обратную зависимость темпов роста распространенности болезней крови и кроветворных органов от среднего содержания железа (значимость 0,025) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,025); обратную зависимость темпов роста распространенности болезней органов дыхания от среднего содержания кадмия (значимость 0,025), среднего содержания железа (значимость 0,025) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,1); обратную зависимость темпов роста распространенности хронического бронхита от среднего содержания ртути (значимость 0,05), среднего содержания кадмия (значимость 0,025), среднего содержания железа (значимость 0,01) и среднего содержания алюминия (значимость 0,025) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,05); обратную зависимость темпов роста распространенности бронхиальной астмы от среднего содержания ртути (значимость 0,05), среднего содержания кадмия (значимость 0,01), среднего содержания железа (значимость 0,001) и среднего содержания алюминия (значимость 0,005) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,025); обратную зависи-

ганов пищеварения от среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,05) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1) и прямую зависимость от среднего содержания бериллия (значимость 0,1).

Темпы роста первичной заболеваемости обратно зависят от среднего содержания ртути (значимость 0,05) и прямо зависят от среднего содержания бериллия (значимость 0,025); темпы роста первичной заболеваемости болезнями крови и кроветворных органов обратно зависят от среднего содержания бериллия (значимость 0,025) и прямо зависят от среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания хрома (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,005) и среднего содержания алюминия (значимость 0,01); темпы роста первичной заболеваемости органов дыхания обратно зависят от среднего содержания ртути (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,1) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1); темпы роста первичной заболеваемости хроническим бронхитом обратно зависят от среднего содержания ртути (значимость 0,1), среднего содержания кадмия (значимость 0,1), среднего содержания железа (значимость 0,025) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05) и прямо зависят от среднего содержания кобальта (значимость 0,1) и среднего содержания цинка (значимость 0,1); темпы роста первичной заболеваемости бронхиальной астмой обратно зависят от среднего содержания кадмия (значимость 0,005), среднего содержания железа (значимость 0,025) и среднего содержания алюминия (значимость 0,1).

Темпы роста смертности обратно зависят от среднего содержания бериллия (значимость 0,05) и среднего содержания кобальта (значимость 0,1) и прямо зависят от среднего содержания ртути (значимость 0,01), среднего содержания мышьяка (значимость 0,1), среднего содержания селена (значимость 0,01), среднего содержания железа (значимость 0,1) и среднего содержания алюминия (значимость 0,05).

Для установленных зависимостей были найдены линейные аппроксимирующие функции. Оценивание адекватности выполнялось с помощью средней погрешности аппроксимации, которая находилась как:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \bar{y}_i|}{|y_i|} \cdot 100, \quad (6)$$

где y_i – заданные значения функции, \bar{y}_i – соответствующие значения аппроксимирующей функции, а n – количество точек. Аппроксимация считалась адекватной, если $S < 15$.

Рассчитанные значения средней погрешности для найденных функций показали, что линейные функции адекватно аппроксимируют суммарную распространенность заболеваний и ее составляющие: $1_x, 3_x, 4_x, 5_x$; суммарную смертность и ее составляющие: $1_x, 3_x, 4_x$; темпы роста распространенности заболеваний 1_x и 5_x ; темпы роста первичной заболеваемости 1_x и 3_x . Для моделирования других типов заболеваемости и смертности населения города были найдены адекватные не-

линейные аппроксимирующие функции. Такие аппроксимирующие функции находились в виде полиномов:

$$Q(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m.$$

На основе найденных зависимостей разработаны показатели экологической безопасности города. Для расчета разработанных моделей создано шесть программных модулей [8]: программы расчета фоновых значений загрязнения EcoPhone, программы расчета статистических параметров EcoStat, программы расчета концентрационных интервалов безопасности жизнедеятельности InterConcSafetyLife, программы расчета экологически безопасных для существования геосистем интервалов концентрации загрязнителей EcoSafetyGeosystems, программы расчета экологического показателя состояния почв EcoMedIndex и программы прогнозирования заболеваемости и смертности EcoMedIndex. Программа спроектирована и разработана в среде Borland Delphi 7. Ее можно использовать на компьютерах с операционной системой Windows NT 4 и более новых версиях Microsoft Windows.

Выводы

Проанализированы данные о концентрациях микроэлементов Mg, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ca, Sr, Zn, Ba, Pb в почвах города Ивано-Франковска, первичная заболеваемость и распространенность болезней крови и кроветворных органов, органов дыхания, органов пищеварения, онкологических болезней населения. Выявлены статистически значимые связи и определены функциональные зависимости для разработки экологических показателей состояния почв города. Для расчета разработанных моделей предложены компьютерные программы.

Литература

1. Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика. М.: Молодая гвардия, 1988. 104 с.
2. Данылышин Б.М., Ковтун А.В., Степаненко А.В. Научные основы прогнозирования природно-техногенной (экологической) безопасности Украины. Киев: Лекс дим, 2004. 552 с.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоздат, 1984. 556 с.
4. Владимиров В.В., Алексахина В.В. Экологические проблемы антропогенного воздействия на городскую среду // Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. 1988. Т. 22. С. 43-106.
5. Даутов Ф.Ф. Изучение здоровья населения в связи с факторами среды. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. 115 с.
6. Адаменко О.М. Экология города Ивано-Франковска. Ивано-Франковск: Сиверсия МВ, 2004. 200 с.
7. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика: Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
8. Крививский М.В. Компьютерная программа расчета эколого-медицинских индексов экологической безопасности города. Св. ГР. № 49634. Киев: Гос. служба интеллектуальной собственности Украины. 2013.

References

1. Moiseev N.N. Ecology of mankind through the eyes of mathematician. M.: Molodaja gvardija, 1988. 104 p.
2. Danylyshyn B.M., Kovtun V.V., Stepanenko A.V. Scientific basis of forecasting environmental and technical (ecological) security of Ukraine. Kiev: Leks dim, 2004. 552 p.
3. Izrael Yu.A. Ecology and control of the natural environment. M: Gidrometeoizdat, 1984. 556 p.
4. Vladimirov V.V., Aleksashina V.V. Environmental problems of human impact on the urban environment // Ohrana prirody i vosproizvodstvo prirodnyh resursov. 1988. Vol. 22. P. 43-106.

5. Dautov F.F. Study of health in connection with the factors of the environment. Kazan: Izd-vo Kazan. un-ta, 1990. 115 p.

6. Adamenko O.M. Ecology of Ivano-Frankivsk. Ivano-Frankovsk: siversija. MV, 2004. 200 p.

7. Kobzar A.I. Applied mathematical statistics: For engineers and scientists. M.: FIZMATLIT, 2006. 816 p.

8. Krykhivsky M.V. Computer program for calculating ecological and environmental indices of ecological city safety. Sv. GR. № 49634. Kiev: Gos. sluzhba intelektualnoj sobstvennosti Ukrainy. 2013.

УДК:630*182.21

Зонирование лесных экосистем, подверженных воздействию промышленных выбросов

С.А. Чжан^a, О.А. Пузанова^b, А.Л. Гребенюк^c

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^aschzan@rambler.ru, ^bpuzanova-olga@rambler.ru, ^cas17vl@list.ru

Статья поступила 19.12.2013, принята 09.02.2014

Проведены исследования по оценке состояния лесов. Объектом исследования являются хвойные древостои возле города Братска. Цель исследования – уточнение границ зон влияния и длительности действия промышленных выбросов. При составлении схемы зонирования лесов, находящихся в зоне промышленного воздействия, использовался картографический метод. Предлагаемая схема зонирования по результатам мониторинга лесов основывается на корреляции среднего балла категории состояния на постоянных пробных площадях с уровнем накопления основных загрязняющих компонентов в хвое на основании данных лабораторных исследований. Из компонентов загрязнения были выделены элементы, имеющие наибольшую положительную корреляцию между средним баллом категории состояния. Наиболее информативными элементами загрязнения являются фториды и диоксид серы. Эти компоненты являются наиболее агрессивными для хвойных пород, поэтому в качестве индикаторов при составлении зонирования были взяты усредненные значения содержания этих веществ на различных пробных площадях. В результате совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены три зоны, и установлены характеристики этих зон.

Ключевые слова: промышленные выбросы, зонирование лесов, картографический метод, балл состояния.

Zoning of forest ecosystems under industrial emissions

S.A. Zhang^a, O.A. Puzanova^b, A.L. Grebenyuk^c

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

^aschzan@rambler.ru, ^bpuzanova-olga@rambler.ru, ^cas17vl@list.ru

Received 19.12.2013, accepted 09.02.2014

Research on assessing the forest health has been conducted. Object of research is coniferous forest stands near the city of Bratsk. Research objective is to specify borders of zones of influence and duration of action of industrial emissions. While drawing up the scheme of zoning the forests, which are in the zone of industrial influence, the cartographical method has been used. According to the results of forest monitoring and laboratory research of the level of accumulation of the main polluting components in needles, suggested scheme of forest zoning is based on correlation of average score of the category of state on constant trial areas. Elements with the greatest positive correlation between average score of the category of state were allocated from components of pollution. The most informative elements of pollution are fluorides and sulfur dioxide. These components are the most aggressive for coniferous species that is why average scores of containing these substances on various trial areas have been considered as indicators while drawing up zoning. As a result of combination of the map charts according to the content of fluorine in needles of forest stands, three zones are revealed and characteristics of these zones are established.

Keywords: industrial emissions, forest zoning, cartographical method, state score.

Введение. Одним из наиболее сложных вопросов при мониторинге лесов является их зонирование. В настоящее время нет установленных критериев, по которым оценивается принадлежность древостоев к той или иной зоне повреждения.

В некоторых случаях критерием для установления зон влияния промышленных выбросов служат несколько факторов: предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, уровень отпада, прирост, процент поврежденных деревьев.

При этом подходе выделяются следующие зоны: