

заложена экспертная ошибка, т. е. неправильно определена выраженность одного из признаков в анализируемых геоморфосистемах. Это сделано для того, чтобы показать, что при относительно большом количестве геоэкологических признаков по крайней мере одна ошибка эксперта для интегрального показателя в данном случае не играет роли.

И в заключение надо отметить, что описанная методика в принципе носит универсальный характер и может применяться для сравнительной оценки экологического состояния других природных геосистем. Необходимо только изменить структуру дерева признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сенькин О. В.* Проблемы применения геоморфологической системы // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. 7. 1986. Вып. 3. С. 62—68.
2. Проблемы эколого-географической оценки состояния природной среды / Отв. ред. П. П. Арапов, Ю. П. Селиверстов. С.-Петербург: Изд-во РГО, 1994. 109 с.
3. *Капралов Е. Г., Щербаков В. М., Камышев А. П.* Картографирование в целях экологического обоснования генпланов малых городов и проектов строительства промышленных объектов // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 1994. Вып. 1. С. 70—77.

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF GEOMORPHOSYSTEMS

O. V. SENKIN, V. M. SHCHERBAKOV

Summary

Methods are outlined of assessment of geomorphosystems' ecological state based on arbitrary quantification of qualitative ecological characteristics. The formal procedure permits to compare contribution from individual characteristics to the ecological state of geomorphosystems. The approach is illustrated by a case study of geomorphosystems of glacial deposition and glaciofluvial sedimentation in the Lembolovo lake basin, the Karelian Isthmus.

УДК 551.4:574.2

© 1995 г. Е. Ю. ПАВЛОВА, М. В. ДОРОЖКИНА

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ГЕОТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

(на примере побережья Кольского залива)

Одной из сложных задач при геоэкологических исследованиях, требующей незамедлительного решения, является создание теоретически обоснованной методики выделения репрезентативных точек наблюдения (оценки) экологически значимых параметров. Термин «репрезентативные точки» применительно к ландшафтной оболочке был введен А. Н. Ласточкиным, указавшим на необходимость выделения точек наблюдения, репрезентативность которых устанавливается «в рамках конкретных и однозначно выделяемых местоположений с учетом анизотропии рельефа (ландшафта)» [1, с. 47]. Под репрезентативными точками здесь понимаются точки земной поверхности (ЗП), однозначно выделяемые на карте и местности, характеризующиеся определенным набором основных геоморфологических параметров и заключающие в себе единственно достоверную и сопоставимую информацию о состоянии окружающей среды.

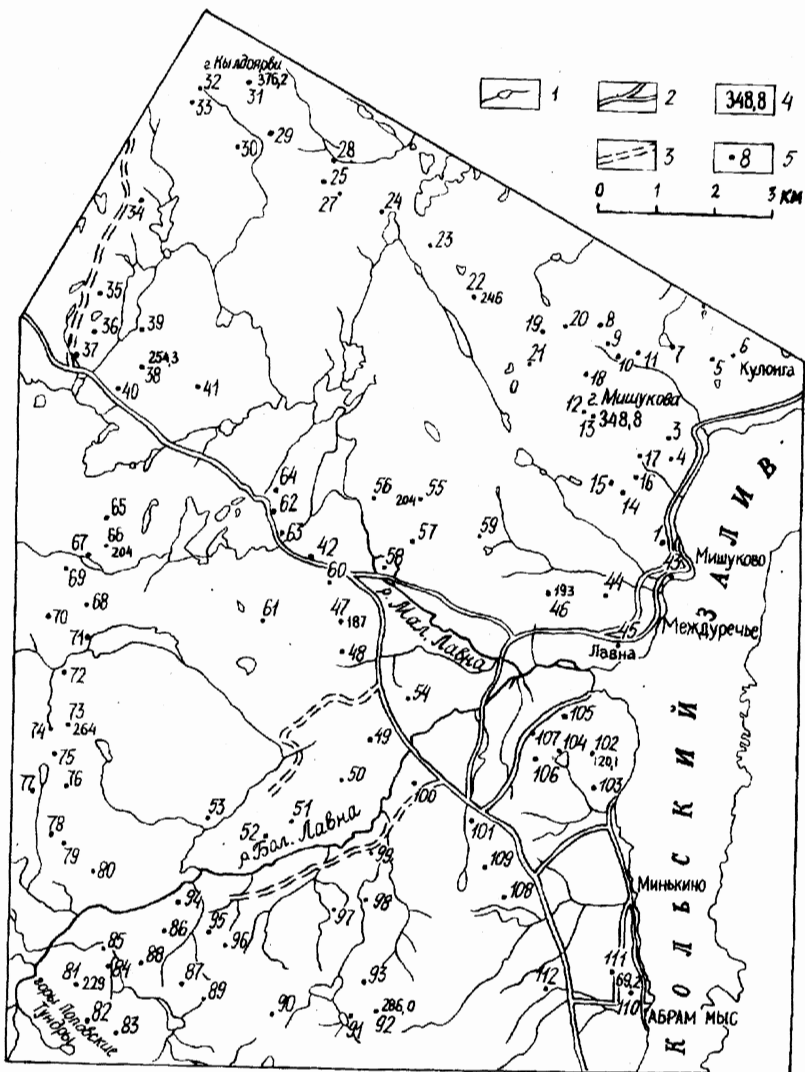


Рис. 1. Карта района работ
 1 — элементы гидрографической сети, 2 — автодороги, 3 — грунтовые дороги, 4 — абсолютные отметки, 5 — репрезентативные точки и их номера

В основу предлагаемой методики проведения геоэкологических исследований положен геотопологический принцип. В соответствии с этим принципом первым этапом работ является составление геоморфологической карты, предусматривающей строгое определение и точную фиксацию элементарных единиц ландшафтной дифференциации [2]. Границами элементарных поверхностей являются вершины изометричных положительных форм ЗП (C_0^+), гребневые линии (L_1), линии выпуклых (L_3) и вогнутых (L_6) перегибов, килевые линии (L_2), вершины изометричных отрицательных форм ЗП (C_0^-) и морфоизографы (L_7). Второй этап исследований предусматривает выделение репрезентативных точек, в которых впоследствии будет осуществляться наблюдение экологически значимых параметров и определение их значений.

В качестве репрезентативных предлагается рассматривать следующие точки: 1) вершины изометричных положительных (C_0^+) и отрицательных (C_0^-) форм



Рис. 2. Геоморфологическая карта района

ЗП2) точки положительных ундуляций гребневых линий (C_1^+) и отрицательных ундуляций килевых линий (C_2^-); 3) точки пересечения линий выпуклых перегибов и точки пересечения линий вогнутых перегибов с морфоизографами — соответственно C_{5-7} и C_{6-7} .

Основным объектом геоморфологических исследований является поверхность раздела сред Земли (атмосфера — суша, вода — дно океана) — земная поверхность, «которая в пределах точности для выбранного масштаба обычно может быть заменена топографической поверхностью, определяемой здесь как замкнутое, ориентируемое, бесконечно дифференцируемое, двумерное многообразие S в трехмерном евклидовом пространстве E^3 » [3, с. 456]. Точечные элементы C_0^+ , C_1^+ и C_0^- , C_2^- являются особыми точками топографической поверхности S и играют важную роль при ее анализе. Изолированную особую точку топографической поверхности S характеризует локальный строгий экстремум (вершина холма C_0^+ или дно впадины C_0^-) [4]. Точки C_0^+ и C_1^+ определяются геоморфологическими параметрами: 1) максимальными значениями абсолютных отметок $H(x, y)$, 2) нулевыми

		ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ			
ХАРАКТЕРНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЛИНИИ		С ВОГНУТЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	С ВЫПУКЛЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	С ПРЯМЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ
ВЕРХНИЕ		НАКЛОННЫЕ			ВЕРТИКАЛЬНЫЕ
СКЛОНОВЫЕ	С ВЫПУКЛЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ
	С ПРЯМЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ
НИЖНИЕ	С ВОГНУТЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ
	С ПРЯМЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ
КРАЯ	С ВОГНУТЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ
	С ПРЯМЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ ПРОФИЛЕМ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ	ПЛОСКО-ВЕРШИМЫЕ

Рис. 3. Легенда геоморфологической карты (по А. Н. Ласточкину)

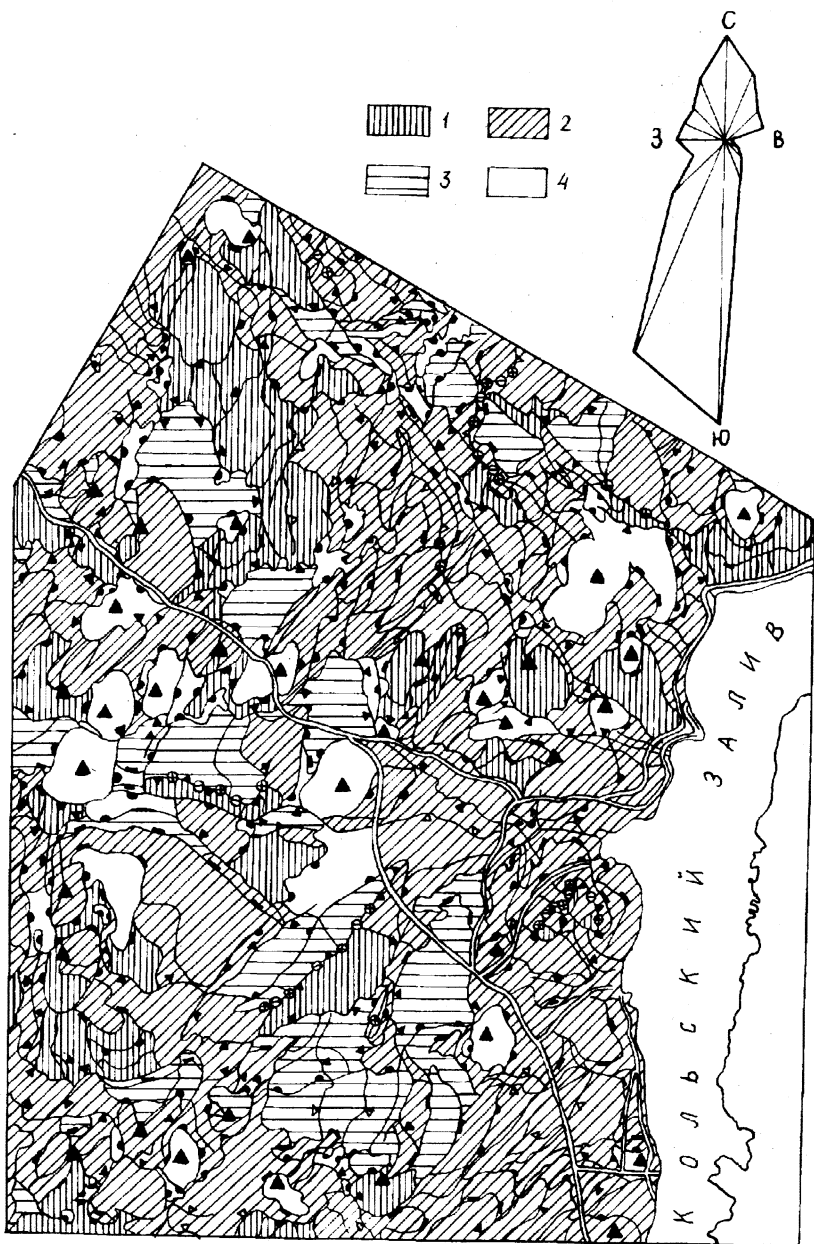


Рис. 4. Карта циркуляционной экспозиции элементарных поверхностей
 1 — фронтальная экспозиция, 2 — боковая экспозиция, 3 — теневая экспозиция, 4 — привершинные и субгоризонтальные поверхности, не имеющие однозначно выраженной экспозиции. Длина стрелки на розе ветров соответствует повторяемости данного направления ветра от общего числа наблюдений без штилей, повторяемость штилей от общего числа наблюдений — 7,3%. Масштаб стрелки — 1 мм — 0,4%. Остальные условные знаки см. рис. 2

значениями крутизны $|H'(x, y)|$, 3) минимальными значениями вертикальной кривизны $|H''(x, y)|$ и 4) минимальными значениями горизонтальной кривизны K_r . Точки C_0^- и C_2^- характеризуются: 1) минимальными значениями абсолютных отметок $H(x, y)$, 2) нулевыми значениями крутизны $|H'(x, y)|$, 3) максимальными значениями вертикальной $|H''(x, y)|$ кривизны и 4) максимальными значениями горизонтальной кривизны K_r [2, 5]. Целесообразность использования этих точек в

качестве репрезентативных объясняется тем, что они имеют экстремальные значения геоморфологических параметров и, таким образом, являются особыми точками ЗП. Значения экологических характеристик, полученные в этих точках (уровень загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и т. п.), будут экстремальны — минимальны или максимальны в зависимости от конкретного изучаемого параметра, местоположения самой точки и источника загрязнения.

Определяя различные экологические параметры в точках C_0^+ , C_1^+ и C_0^- , C_2^- , мы получаем информацию соответственно по «верхам» и «низам» ЗП. В то же время склоновые поверхности, занимающие около 80% от общей поверхности Земли [6], также требуют экологической оценки. Экологические характеристики склоновых поверхностей несут важную информацию о состоянии окружающей среды и динамике распределения веществ по ЗП. Выбор репрезентативных точек на склоновой поверхности затрудняется тем, что расположенное на ней множество точек характеризуется различными значениями геоморфологических параметров, прежде всего горизонтальной и вертикальной кривизны.

Построение геоморфологической карты на морфологическом принципе и системной основе [2], осуществляемое посредством трассирования структурных линий и морфоизограф, позволяет наряду с выявлением элементов ландшафтной дифференциации (линейных, точечных и площадных) определить положение репрезентативных точек на склоновых поверхностях. Такими точками являются точки пересечения структурных линий выпуклого (L_5) и вогнутого перегиба (L_6) с морфоизографой (L_7), значение горизонтальной кривизны в которой равно нулю, — соответственно точки C_{5-7} и C_{6-7} .

Использование в качестве репрезентативных точек C_{5-7} и C_{6-7} обосновывается следующим образом. Морфоизографа с нулевым значением горизонтальной кривизны, являясь границей между выпуклыми и вогнутыми в плане элементами рельефа, разграничивает разные по характеру литодинамические потоки по ЗП (дивергентный и конвергентный) [7, 8], что доказано математически [3, 4]. Для горизонтальной кривизны k_h (K_r по Ласточкину) на N горизонтали, являющейся подмножеством S , выведено следующее уравнение [4]:

$$k_h = (q^2r - 2pqS + p^2t) / [(p^2 + q^2)(1 + p^2 + q^2)^{1/2}], \quad (1)$$

где $p = \partial h / \partial x$, $q = \partial h / \partial y$, $r = \partial^2 h / \partial x^2$, $S = \partial^2 h / \partial x \partial y$, $t = \partial^2 h / \partial y^2$.

Соответственно на $N \subset S$ морфоизографа с нулевым значением описывается уравнением [4]

$$q^2r - 2pqS + p^2t = 0. \quad (2)$$

Структурные линии L_5 , L_6 на $N \subset S$ могут быть описаны уравнением [3]

$$(q^3a - 3pq^2b + 3p^2qc - p^3d) / (p^2 + q^2)^2 - 3k_h'k_v' = 0, \quad (3)$$

где $a = \partial^3 h / \partial x^3$, $b = \partial^3 h / \partial x^2 \partial y$, $c = \partial^3 h / \partial x \partial y^2$, $d = \partial^3 h / \partial y^3$ и $k_v = (p^2r + 2pqS + q^2t) / [(p^2 + q^2)(1 + p^2 + q^2)^{3/2}]$ — вертикальная кривизна.

Для характеристики точек C_{5-7} , C_{6-7} необходимо найти точку пересечения морфоизогипсы со структурной линией, т. е. решить систему уравнений:

$$\begin{cases} (q^3a - 3pq^2b + 3p^2qc - p^3d) / (p^2 + q^2)^2 - 3k_h'k_v' = 0 \\ k_h = 0; \end{cases}$$

поскольку $k_h' = (0)' = 0$, соответственно получаем

$$\begin{cases} q^3a - 3pq^2b + 3p^2qc - p^3d / (p^2 + q^2)^2 = 0 \\ k_h = 0 \end{cases}$$

или, учитывая (2),

$$\begin{cases} q^3a - 3pq^2b + 3p^2qc - p^3d = 0 \\ q^2r - 2pqS + p^2t = 0 \end{cases} \quad (\text{при } p \neq 0, q \neq 0).$$

Решение данной системы уравнений дает математическое описание точек C_{5-7} , C_{6-7} на $N \subset S$.

Являясь границей между выпуклыми и вогнутыми в плане элементарными поверхностями, морфоизограф, независимо от вида ее экспозиции по отношению к субгоризонтальному потоку, разделяет элементарные поверхности преобладающего накопления и преобладающего рассеяния вещества, т. е. представляет собой линию перехода от накопления к рассеянию и наоборот. Величина этого перехода будет определяться значением соотношения прихода и расхода вещества на элементарные поверхности, разграничиваемые морфоизографой, и является средней для этих поверхностей величиной. Значения в фиксированных репрезентативных точках C_{5-7} , C_{6-7} можно рассматривать как естественно осредненные характеристики изучаемых параметров на склоновых поверхностях, не зависящие от характера субгоризонтального потока и нисходящего литодинамического потока по ЗП. Кроме того, связывая структурные линии L_5 , L_6 морфоизографы являются регистрирующими линиями, по которым можно проследить изменение наблюдаемых параметров в репрезентативных точках C_{5-7} , C_{6-7} .

Третий этап исследований предусматривает составление геотопологической карты с выделением элементарных поверхностей и определением их гравитационной, инсоляционной и циркуляционной экспозиций через геотопологические параметры [9].

Таким образом, каждая из предложенных репрезентативных точек строго и однозначно фиксируется на карте и имеет определенный набор геоморфологических параметров. Полученные в них значения экологических характеристик являются универсальными и могут быть сопоставлены с данными, полученными в аналогичных репрезентативных точках в любом другом регионе.

Предложенная методика выделения репрезентативных точек при геоэкологических исследованиях была апробирована в июле 1994 г. на побережье Кольского залива (Кулонга — Абрам-мыс). Цель проводившихся работ — определение уровня загрязнения тяжелыми металлами и установление закономерностей их распределения по ЗП.

Для района исследования (рис. 1) была составлена геоморфологическая карта масштаба 1 : 100 000 на морфологическом принципе и системной основе (рис. 2, 3), что позволило однозначно определить местоположение репрезентативных точек. В соответствии с особенностями ветрового режима по данным станции Мурманск за 23 года была выполнена карта циркуляционной экспозиции элементарных поверхностей (рис. 4).

При проведении геоэкологических исследований применяли метод лишайноиндикации, позволяющий наиболее адекватно определить содержание тяжелых металлов в различных точках ЗП [10]. Не имея корневой системы, лишайники поглощают все минеральные вещества поверхностью своего слоевища непосредственно из воздуха и атмосферных осадков. При этом поглощение не зависит от температурного режима среды и освещенности, в связи с чем инсоляционная экспозиция при проведении исследования не учитывалась. Данные о содержании тяжелых металлов в лишайниках, произрастающих на почвах, торфе сфагновых болот, песчано-гравийных отложениях и коренных породах различного состава, позволяют утверждать, что характер субстрата произрастания не оказывает влияния на содержание тяжелых металлов в лишайниках [11—13].

В установленных репрезентативных точках проводили отбор лишайников *Cladonia alpestris* и *Cladonia rangiferina*. Следует отметить, что представители рода *Cladonia* давно используются для регионального мониторинга загрязнения тяжелыми металлами [13, 14]. На участке работ (рис. 4) общей площадью 185 км² в репрезентативных точках было отобрано 103 пробы лишайников. Пробы подвергнуты озолению в соответствии с общепринятой методикой. Анализ золы на

Концентрации тяжелых металлов в репрезентативных точках
(значения даны в 10^{-4} г/100 г сухого вещества)

Элемент	Номера репрезентативных точек					
	49	50	51	52	99	100
Pb	2,348	9,729	6,416	2,642	13,683	11,811
Mn	8,218	10,81	4,812	2,642	13,683	11,811
Zn	4,696	10,81	8,02	6,605	27,366	31,496
Cu	0,822	1,297	1,123	0,793	2,281	2,362
Co	0,469	0,865	0,962	0,396	1,368	1,181
Ni	0,469	0,865	0,642	0,396	2,281	1,969
Cr	0,469	0,865	0,962	0,396	4,105	3,150

содержание свинца, марганца, цинка, кобальта, никеля, хрома, меди проведен в спектральной лаборатории НИИ химии СПбГУ методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Полученные с учетом коэффициента зольности каждой пробы данные концентраций тяжелых металлов в лишайниках варьируют в следующих пределах (значения даны в 10^{-4} г/100 г сухого вещества): свинец 0,353—47,54; марганец 0,106—34,62; цинк 0,547—47,54; медь 0,135—9,0; кобальт 0,037—4,616; никель 0,096—3,803; хром 0,096—4,279. Математическое ожидание \bar{x}_i , показывающее средние значения концентраций тяжелых металлов в пробах, и генеральный стандарт σ , ограничивающий область допустимых отклонений от средних значений, составляют (значения даны в 10^{-4} г/100 г сухого вещества) соответственно: свинец — 3,152 и 0,629, марганец — 3,828 и 0,448, цинк — 3,816 и 0,933, медь — 0,712 и 0,014, кобальт — 0,162 и 0,063, никель — 0,514 и 0,082, хром — 0,392 и 0,075. В соответствии с этими данными все значения концентраций тяжелых металлов в репрезентативных точках были разделены на аномально низкие, средние (фоновые), аномально высокие.

Анализ значений концентраций тяжелых металлов в репрезентативных точках на исследуемом участке позволил выявить общую тенденцию их пространственного распределения. Прежде всего характерной особенностью распределения является то, что максимальные значения концентраций приурочены, как правило, к репрезентативным точкам C_0^+ и C_1^+ . При этом значение содержания тяжелых металлов в точках C_1^+ , точках положительных ундуляций гребневой линии, в значительной степени зависит от вида циркуляционной экспозиции разделяемых этой гребневой линией элементарных поверхностей. В качестве характерного примера, наглядно демонстрирующего зависимость содержания тяжелых металлов в репрезентативных точках C_1^+ от вида циркуляционной экспозиции элементарных поверхностей, можно привести вытянутую в северо-восточном направлении гряду на левом берегу р. Большая Лавна (рис. 4). Содержание тяжелых элементов в репрезентативных точках C_1^+ (№ 50, 51), расположенных на гребневой линии, разделяющей элементарные поверхности фронтальной и теневой экспозиций, выше, чем в репрезентативных точках C_1^+ (№ 49, 52), находящихся на той же гребневой линии, но разделяющей при этом элементарные поверхности боковой и теневой экспозиции (таблица). Принимая во внимание влияние циркуляционной экспозиции элементарных поверхностей, в целом можно проследить общую тенденцию уменьшения концентраций тяжелых металлов от репрезентативных точек C_0^+ и C_1^+ к точкам C_{5-7} и C_{6-7} . Следует отметить, что в непосредственной близости от источника загрязнения эта тенденция не может быть четко прослежена.

Нанесение на карту данных о концентрациях тяжелых металлов по трем градациям (аномально низкие, средние и аномально высокие) позволило выделить разные по степени антропогенного загрязнения участки исследуемого района.

Аномально высокие концентрации всех элементов отмечаются в непосредственной близости от автодорог Мурманск — Печенга и Мурманск — Полярный. Об уровне загрязнения тяжелыми металлами в придорожной полосе можно судить по данным, полученным, в частности, в точке C_{6-7} (№ 42) (значения даны на 10^{-4} г/100 г сухого вещества): свинец — 34,62, марганец — 34,62, цинк — 34,62, медь — 4,616, кобальт — 4,616, никель — 3,462, хром — 3,462; и в точке C_{6-7} (№ 64): свинец — 47,54, марганец — 14,262, цинк — 47,54, медь — 9,0, кобальт — 2,852, никель — 3,803, хром — 4,279. Зона аномально высоких концентраций тяжелых металлов отмечается и вдоль грунтовой дороги на правом берегу р. Большая Лавна. Связанная с разработкой карьеров песчано-гравийного материала, эта дорога отличается напряженным режимом движения грузового автотранспорта и является источником повышенного загрязнения, о чем свидетельствуют данные по репрезентативным точкам C_1^+ (№ 99) и C_{5-7} (№ 100) (таблица; рис. 1). С влиянием этой дороги, учитывая преобладающие южное и юго-юго-западное направления ветра, связаны аномально высокие концентрации тяжелых металлов в репрезентативных точках C_1^+ (№ 50, 51) (таблица; рис. 1).

Аномально высокие значения концентраций всех без исключения тяжелых элементов установлены в репрезентативной точке C_0^+ (№ 31) — вершина горы Кылдоярви: свинец — 27,68, марганец — 22,144, цинк — 11,072, медь — 4,429, кобальт — 3,322, никель — 2,768, хром — 2,214 (на 10^{-4} г/100 г сухого вещества). Такое высокое содержание тяжелых металлов на вершине горы Кылдоярви, удаленной от дорог и населенных пунктов, представляется весьма неожиданным, особенно если принять во внимание средние и аномально низкие значения концентраций металлов в репрезентативных точках C_0^+ (№ 33), C_{5-7} (№ 32), C_{6-7} (№ 30, 29), расположенных в ближайшей окрестности от этой горы. Аномально высокие концентрации на вершине горы Кылдоярви объясняются существованием здесь ранее военной базы, в настоящее время не функционирующей. Распределение значений концентраций тяжелых металлов на данном участке показывает, что даже значительное по степени антропогенное воздействие может не иметь широкого площадного распространения, а носить узкий, локальный характер.

Аномально высокие и средние значения концентраций тяжелых металлов характерны для участка горы Мишукова. Аномально высокие значения связаны здесь в основном с вершинами C_0^+ (№ 13, 14) и репрезентативными точками C_{5-7} (№ 3, 15—17), C_{6-7} (№ 4), расположенными на границах элементарных поверхностей, характеризующихся фронтальной и боковой экспозициями. Ряд аномальных значений в репрезентативных точках C_1^+ (№ 11), C_{6-7} (№ 7, 10, 18) связан с проводившимся здесь строительством высоковольтной ЛЭП.

Средние и аномально низкие концентрации тяжелых металлов в исследуемом районе отмечаются в северной части между горой Мишукова и горой Кылдоярви, вдоль западной границы и на юге (горы Поповские Тундры).

Проведенная работа представляет собой первый опыт применения методики выделения репрезентативных точек при геоэкологических исследованиях. Основными принципами данного исследования на всех его этапах являлись строгость, однозначность и единообразие. Используемые для наблюдения экологических параметров репрезентативные точки, выделение которых теоретически обосновано, строго и однозначно фиксировались на карте и определялись на местности. Применение метода лихеноиндикации позволило получить наиболее точную и адекватную информацию о концентрациях тяжелых металлов. Принцип единообразия соблюдался при отборе проб и их обработке. Принимая во внимание все изложенное выше, можно утверждать, что полученные результаты являются наиболее достоверной информацией, отражающей реальную картину распределения концентраций тяжелых металлов на участке.

Анализ распределения концентраций тяжелых металлов демонстрирует, что использованная методика позволяет четко выявить участки повышенного содержания тяжелых металлов, определить масштабы и уровень загрязнения и увязать

аномальные значения с конкретным источником антропогенного воздействия. Кроме того, применение методики выделения репрезентативных точек в данном исследовании дало возможность установить общие тенденции в распределении тяжелых металлов по ЗП. Концентрации металлов в целом уменьшаются от точек C_0^+ , C_1^+ по направлению к точкам C_{5-7} , C_{6-7} . При этом четко прослеживается влияние вида циркуляционной экспозиции элементарных поверхностей на содержание тяжелых металлов в репрезентативных точках. Данная статья заключает в себя первые, наиболее важные результаты проводимого исследования и не охватывает всех возникших в ходе него теоретических и практических вопросов.

Авторам статьи представляется, что применение методики выделения репрезентативных точек наблюдения для решения частных и комплексных геоэкологических задач позволит получить наиболее достоверную и сопоставимую информацию о состоянии окружающей среды.

В заключение авторы выражают глубочайшую признательность всем тем людям, без доброй поддержки и участия которых проведение данного исследования и написание статьи были бы невозможны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ласточкин А. Н. Ландшафтно-геоэкологические исследования на геотопологической основе. II. Теоретическое и прикладное значение геотопологической концепции ландшафтоведения // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 1992. Вып. 3. № 21. С. 43—57.
2. Ласточкин А. Н. Рельеф земной поверхности. Л.: Недра, 1991. 340 с.
3. Шарый П. А., Степанов И. Н. О методе вторых производных в геологии // ДАН СССР. 1991. Т. 319. № 2. С. 456—460.
4. Шарый П. А. Топографический метод вторых производных // Геометрия структур земной поверхности. Пуцуня: ИПФС АН СССР, 1991. С. 30—60.
5. Шарый П. А. Классификация точек поверхности в силовом поле // Теория и практика классификации и систематики в народном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. симв. М.: 1990. С. 104—105.
6. Леонтьев О. К., Рычагов Г. И. Общая геоморфология. М.: Высш. шк., 1988. 319 с.
7. Метод пластики рельефа в тематическом картографировании. Пуцуня: ИПФС АН СССР, 1987. 159 с.
8. Степанов И. Н. Истинные и ложные линии на почвенных картах // Почвоведение. 1990. № 3. С. 128—146.
9. Ласточкин А. Н. Ландшафтно-геоэкологические исследования на геотопологической основе. I. Теоретическое обоснование // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 1992. Вып. 2. № 14. С. 33—47.
10. Инсарова И. Д. Влияние тяжелых металлов на лишайники // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 6. Л.: Гидрометеоздат, 1983. С. 101—113.
11. Louhmetaa K. J. Studies on the content of iron, manganese and zinc in macrdichens // Ann. Bot. Fenn. 1965. V. 2. N. 2. P. 127—137.
12. Pakarinen P., Mäkinen A., Rinne R. J. K. Heavy metals in Cladonia arbuscula and Cladonia natis in eastern Fennoscandia // Ann. Bot. Fenn. 1978. V. 15. N 4. P. 281—286.
13. Pakarinen P. Nutrient and trace metal content and retention in reindeer lichen carpets of Finnish ombrotrophic bogs // Ann. Bot. Fenn. 1981. V. 18. N 4. P. 265—274.
14. Determination of copper, iron, nickel and sulphur by X-ray fluorescence in Lichens from the Mackenzie Valley, Northwest Territories, and the Sudbury District, Ontario/Tomassini F. D., Puckett K. J., Niebor E. et al. // Can. J. Bot. 1976. V. 54. N 14. P. 1591—1603.

METHODS AND RESULTS OF GEOECOLOGICAL STUDIES ON THE GEOTOPOLOGICAL BASIS (WITH SPECIAL REFERENCE TO THE KOLA PENINSULA COAST)

E. Yu. PAVLOVA, M. V. DOROZHKINA

Summary

A new method of geoeological studies is suggested based on identification of representative points of observation (assessment) of ecologically significant parameters. The representative points are those on the day surface which are easily recognized in the landscape and placed «one-to-one» onto a map; they are characterized by a certain series of geomorphological parameters and contain only reliable and comparable information on the state of environments. Some results are given of the technique applied to geoeological studies on the Kola Bay coasts.