

М. РУСЕВ

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СТРАН ЕВРОПЫ¹

Цель настоящего исследования состоит в разработке экологической классификации стран Европы посредством метода многомерного статистического анализа. Для этого используется система показателей, которые условно можно разделить на три группы. В первую включены показатели, дающие информацию о природном и историческом наследии, проявляющемся в антропогенной нагрузке на природу. Показатели второй группы по своей сущности социально-экономические, но имеют прямое отношение к современному экологическому состоянию каждой страны. Третья группа включает показатели самых агрессивных современных форм антропогенной нагрузки и связанные с этим экологические проблемы. Необходимо отметить, что из-за недостатка исходной информации проведены исследования только в 27 европейских странах. В то же время из-за специфики исследуемых объектов Германия рассматривается как в целом, так и частями — западная (бывшая ФРГ) и восточная (бывшая ГДР). Для большей представительности и достоверности исследования отдельными статистическими объектами представлены бывший СССР, его европейская часть и Украина.

В первом варианте типологической группировки стран были использованы следующие показатели, отражающие исторически сложившиеся антропогенные

¹ Названия стран даны по состоянию на конец 1991 г.

нагрузки на природу: территория (тыс. км²); площадь лесов (% от территории страны); площадь охраняемых территорий (% от территории страны); плотность населения (чел./км²); доля населения, проживающего в городах свыше 100 тыс. жителей (%); густота транспортной сети (км/1000 км²); национальный доход (1000 долл./чел.).

В разработке классификации был использован один из вариантов многомерного статистического анализа. Для лучшего понимания подхода и достигнутых результатов вкратце изложим основные особенности этого варианта. Объекты, подлежащие классификации, в данном случае европейские страны, представлены как точки многомерного математического пространства. Используемые исходные показатели являются координатой данных точек в этом пространстве. Как результат расположения точек в пространстве получают объективные группы близко расположенных объектов. Именно эти относительно близко расположенные одна к другой точки образуют таксономические группы, чаще всего называемые таксонами. Нумерацию таксонов принято начинать с самого обширного, т. е. с того, в который включено самое большое количество точек (в данном случае страны). Полученные таксоны не имеют приоритета друг перед другом, как, например, таксон II перед таксоном III, IV и т. д.

Алгоритм, используемый здесь, взят у Ю. В. Свентека и В. С. Тикунова [4]. В нем выделяются 5 основных этапов. Первый включает создание матриц исходных данных по отдельным показателям в каждой стране. Следующий этап включает так называемое нормирование или стандартизацию исходных матриц. Эта процедура производится по следующей формуле

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_{ij}}{\sigma_{ij}}, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, m,$$

где \hat{x}_{ij} — элементы нормированной матрицы; \bar{x}_{ij} — элементы исходной матрицы; \bar{x}_{ij} — среднее арифметическое каждого из показателей исходной матрицы; σ_{ij} — среднее квадратическое отклонение.

Эта операция обязательна с точки зрения ликвидации разницы между отдельными показателями, так как одни измеряются в процентах, другие в стоимости, тоннах и т. д. Этот этап также обязателен для того, чтобы поставить показатель в относительно равноправное положение к алгоритму. Следующий, третий этап является исчислением евклидовых (таксономических) расстояний между точками (странами) многомерного математического пространства и составлением матриц этих расстояний. Эта операция производится по формуле

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_1^n (\hat{x}_{ij} - \hat{x}_{mj})^2}, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, m; \quad m=1, 2, \dots, n,$$

где d_{ij} — евклидовые расстояния; $\sum_1^n (\hat{x}_{ij} - \hat{x}_{mj})^2$ — сумма квадратических разниц между рядами нормированных матриц. Необходимо отметить, что это не расстояние в обычном смысле, которое измеряется в км, м и т. д.

Четвертый этап включает построение специальной фигуры, часто называемой «граф-дендрит», которая иллюстрирует процесс формирования отдельных объектов (в данном случае стран) в соответствующие квалификационные группы (таксоны). Принципы, по которым строится эта фигура (в тексте разработаны 4 варианта и этих фигур тоже 4), следующие: от первой колонки матрицы евклидовых расстояний требуется найти два объекта (страны), связанных с правой линией. После этого нужно перейти ко второй колонке и проделать то же самое. Операция продолжается до тех пор, пока все точки (страны) не соединятся между собой. Другой принцип построения чертежа состоит в том, чтобы полученная фигура не замкнулась, т. е. чтобы не возникло

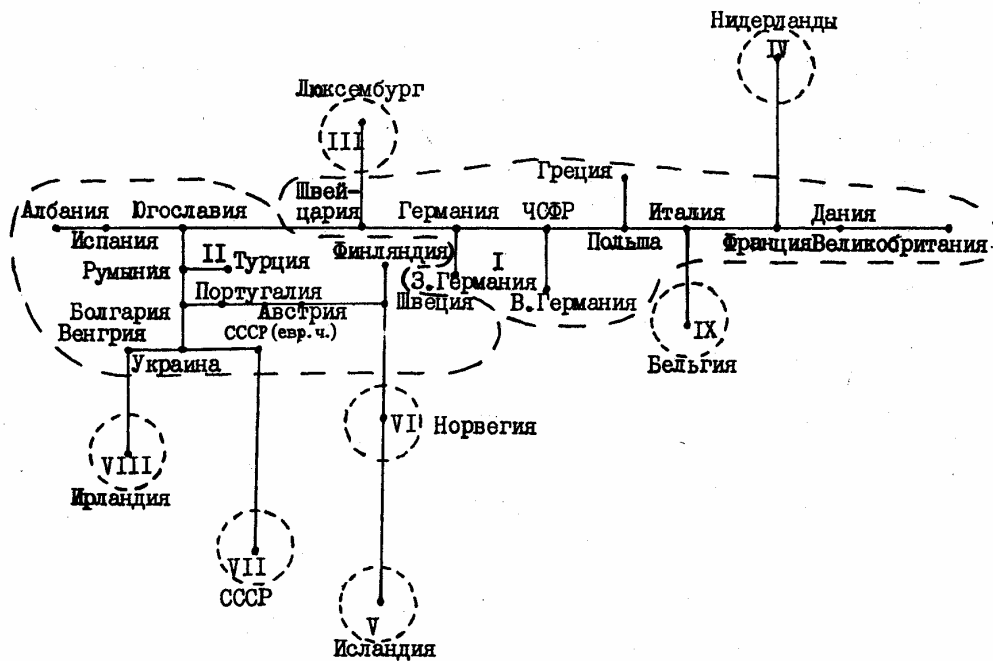


Рис. 1. Первый вариант типологической классификации европейских стран.
I—IX — порядковые номера таксонов. То же для рис. 2.

соединение между ребрами графа. Созданная таким образом фигура является графическим концентрированным выражением процесса группировки объектов в таксонах. Границы этих таксонов и отделение их один от другого получаются, когда разграничительные линии прокладываются по самым длинным (самым большим) таксономическим расстояниям. Исследователю остается только проложить границы между отдельными таксонами, так как обычно группировка получается независимо от субъективного взгляда исследователя.

В результате этих действий была получена схема, которая демонстрирует группировку указанных стран в отдельных таксонах (рис. 1). Ясно оформились два больших таксона. В один из них (I) вошли в основном страны Центральной и Западной Европы. Исключением являются только Италия и Греция. Другой таксон (II) включает страны Восточной и Северной Европы; а исключением в данном случае являются Испания и Португалия. Остальные страны формируют самостоятельные таксоны, расположенные по периферии схемы. Отличительной чертой их является уникальность географического положения, природных условий и в определенной степени размер территории. Одна часть из них тяготеет к таксону I и показывает географическую принадлежность к большинству стран этого таксона (Бельгия, Нидерланды, Люксембург). Остальные (СССР, Норвегия, Исландия, Ирландия) показывают определенную корреляцию между математико-статистической гравитацией и географической принадлежностью к странам таксона II. В целом такое типологическое разделение стран Европы определяется природными условиями. Что касается исключений, в большей степени они являются результатом особенностей исторического развития, которые заложены в некоторые показатели. Объективный характер полученных результатов подтверждает экспертное сопоставление цифровых данных по странам, входящим в отдельные таксоны. Так, например, для стран таксона I характерны значения показателей выше среднего по Европе относительно плотности населения, доли проживающих в городах свыше 100 тыс. жителей, густоты транспортной сети и доли территории, за которыми осуществляется специальный контроль. Это указывает на более тяжелое историческое наследие вследствие антропогенной нагрузки на природу этих стран.

Более низкая степень такой нагрузки характерна для стран таксона II, где показатель площади лесов выше среднего по континенту, а национальный доход на душу населения не превышает средних значений.

Во втором варианте типологической группировки стран были использованы следующие показатели, отражающие современную социально-экономическую базу, которая прямо влияет на экологическую обстановку в каждой из них: экономическая плотность (нац. доход/км²) — 1000 долл.; энергоёмкость национального дохода (терраджоули/1 млн долл.); ресурсоёмкость национального дохода (кг добытых полезных ископаемых на 1 долл.); потребление электроэнергии на душу населения (кВт·ч); уровень индустриализации (соотношение доли промышленной продукции и доли населения данной страны по всем странам); потребление электроэнергии на 1 долл. чистой продукции (кВт·ч); средняя стоимость 1 кг экспортируемой промышленной продукции (долл.); уровень автомобилизации (число автомобилей на 1 тыс. жителей).

Введение этого набора показателей привело к образованию новых группировок стран Европы (рис. 2). В самый большой таксон (I) вошли Албания, Болгария, Греция, Ирландия, Польша, Португалия, СССР, европейская часть СССР, Украина, Румыния. Большинство из них были в одном таксоне и при первом варианте исследования. Кроме Португалии и Ирландии, все страны этого таксона расположены в восточной части континента. Характерной чертой этой классификационной группы является относительная близость уровня социально-экономического развития, которое отличается более низкой экономической плотностью, более низким уровнем индустриализации, высокой энерго- и ресурсоёмкостью национального дохода.

Большинство остальных стран сгруппировалось в три средних по размерам таксона. Более однородным является таксон II, включающий близко расположенные в географическом плане страны (Бельгия, Германия, Великобритания, Нидерланды), которые отличаются высокой экономической плотностью, уровнем индустриализации и автомобилизации, а также ниже среднего по Европе энерго- и ресурсоёмкостью национального дохода. Таким образом, между таксонами I и II существуют коренные отличия социально-экономических характеристик и различные акценты вытекающих из них экологических проблем.



Рис. 2. Второй вариант.

В таксон III вошли восточная часть Германии, ЧСФР, Венгрия, Испания, Югославия. Высокие и средние значения в этой классификационной группе имеют как экономическая плотность, так и энерго- и ресурсоемкость, что создает предпосылки очень тяжелых экологических последствий человеческой деятельности на территории этих стран.

Четвертый таксон включает следующие страны: Австрию, Данию, Италию, Францию. Характерными для этих стран являются очень высокая экономическая плотность и индустриализация, а также высокий жизненный уровень, но в сочетании с исключительно низкими показателями энерго- и ресурсоемкости национального дохода. Эта характеристика похожа на характеристику второго таксона, но в данном случае речь идет о резком контрасте между вложенной общественной энергией и результатами хозяйственной деятельности, т. е. о более высокой экономической эффективности, которая является предпосылкой для более высокой экологической эффективности.

Вне этих четырех основных классификационных групп оставшиеся страны проецируются на разные таксономические расстояния в непосредственной близости от них. Так, например, между таксонами III и IV, хотя и разбросанно, выделяются страны Северной Европы. Они слабо заселены, имеют низкую экономическую плотность, высокий уровень индустриализации и потребления электроэнергии, но в сочетании с низкой энерго- и ресурсоемкостью национального дохода. Уникальные природные условия и социально-экономические факторы развития в этих странах дают более широкие возможности для сохранения равновесия в природе.

Для усиления геоэкологического элемента в исследованиях была использована и еще одна, третья группа показателей: экологическая нагрузка (общие выбросы серы, пыли и азотных окислов в атмосферу) (кг/1000 долл.); общие выбросы серы, пыли и азотных окислов на душу населения (кг); ежегодные накопления твердых бытовых отходов (т/км²); ежегодные накопления атмосферной серы на поверхности земли (т/км²); антропогенная нагрузка на сельскохозяйственные площади (жителей/га); биогенная нагрузка на сельскохозяйственные площади (количество крупного рогатого скота на 100 га); химическая нагрузка на сельскохозяйственные площади (кг минеральных удобрений на 100 га).

Особое внимание здесь уделяется самым агрессивным формам антропогенной атаки на природное равновесие, что помогает с большой долей достоверности прояснить экологическую мозаику Европы. Расстановка стран в новый граф-дендрит составила три главных таксона (рис. 3). В самый большой таксон (I) вошли 10 высокоразвитых стран Центральной, Западной и Северной Европы (Австрия, западная часть Германии, Франция, Люксембург, Великобритания, Скандинавские страны и Исландия). В предыдущем варианте исследования эти страны входили во II, IV, V, VI, VII и VIII таксоны, для которых была установлена сходная высокая экономическая и экологическая эффективность. Эти страны демонстрируют сходство и в отношении новой группы показателей. Так, например, они имеют еще более низкие по сравнению со средними по Европе значения атмосферного загрязнения относительно территории и населения, а также относительно национального дохода. У всех, за исключением Исландии и Франции, наблюдается более высокая антропогенная, биогенная и химическая нагрузка на сельскохозяйственные площади.

В таксон II выделяются в основном страны Восточной Европы (Болгария, Венгрия, Польша, СССР, европейская часть СССР, Украина, Югославия) и Испания. Эта группа стран имеет противоположные характеристики в сравнении со странами таксона I (большое атмосферное загрязнение, средняя и низкая степень нагрузки на сельскохозяйственные площади).

В таксон III вошли страны из всех районов континента (Ирландия, Бельгия, Португалия, Италия, Греция, Албания, Румыния и Турция). В одну клас-

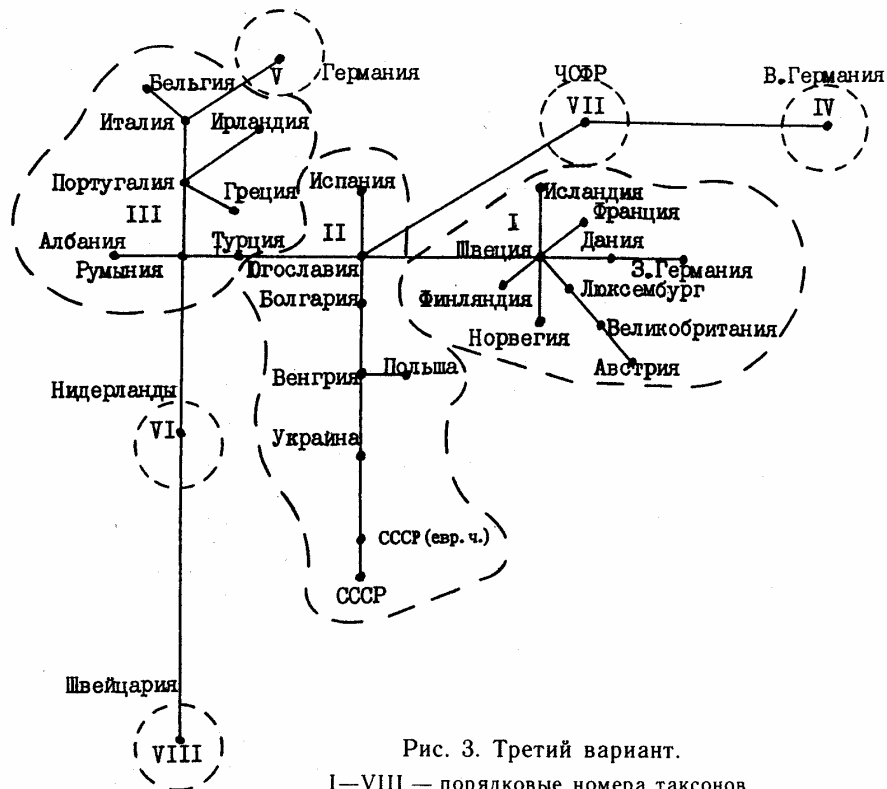


Рис. 3. Третий вариант.
I—VIII — порядковые номера таксонов.

сификационную группу они объединяются на основании средних значений для большинства указанных показателей.

Вне указанных выше групп, в некоторых случаях на значительном таксономическом расстоянии от них, находятся как самостоятельные таксоны Нидерланды, Швейцария, ЧСФР, восточная часть Германии и объединенная Германия. Хотя и расположены они в разных концах схемы, но обладают одной общей характерной чертой — превышение средних по континенту значений некоторых показателей в несколько раз. Так, например, для восточной части Германии это превышение всех показателей составляет в среднем 4 раза, для ЧСФР — 3, для объединенной Германии и Нидерландов — 2 раза. Для Швейцарии это характерно только для показателей, отражающих нагрузки на сельскохозяйственные площади: антропогенная — 9 раз, биогенная — 10 и химическая — 4 раза, превышающие средние по Европе.

Составление подобных классификаций только в одном из трех указанных наборов показателей включает в себе опасность известной доли субъективизма. Каждый из трех вариантов исследования в зависимости от акцентов определенных показателей дает своеобразное представление об экологических проблемах стран континента. Хорошую возможность преодоления этого субъективизма, как и для более верного обобщения, дает использование одновременно всех 22 показателей. Такой вариант изображен на рис. 4, где наблюдаются детализация при группировке стран и увеличение расстояния между некоторыми таксонами, что означает подтверждение специфического облика их экологических проблем.

Классификация стран по полному набору показателей, использованный метод и произведенные анализы позволяют определить отдельные геоэкологические типы европейских стран, что одновременно отражает и достигнутый ими уровень социально-экономического развития. В самый большой таксон (I) обособлены 7 высокоразвитых западно-европейских стран. Своеобразное ядро этой группы составляют Великобритания, Франция, Германия (скорее всего,

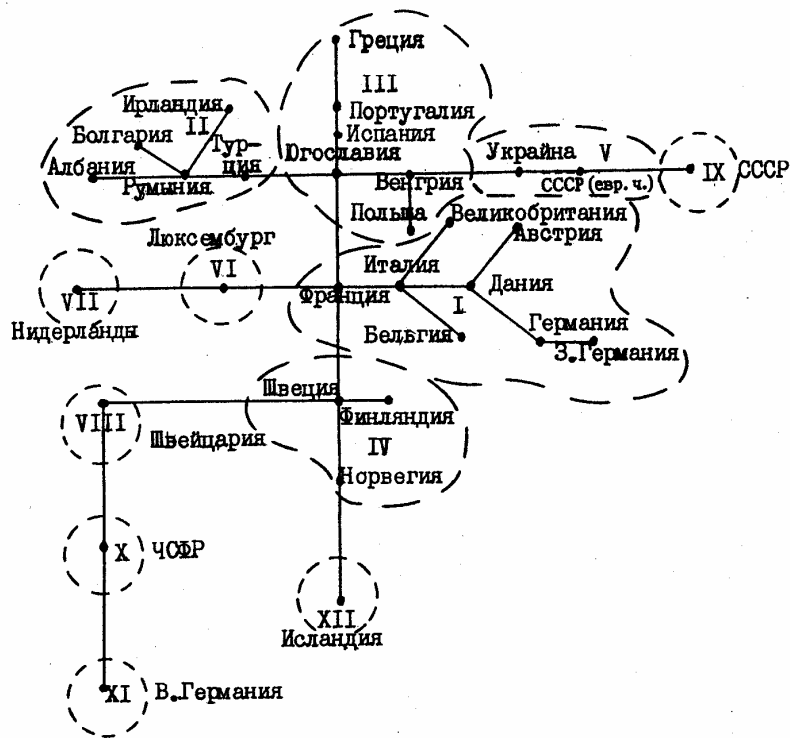


Рис. 4. Четвертый вариант.

I—XII — порядковые номера таксонов.

западная ее часть) и Дания, которые принадлежали к одному таксону и в первых трех вариантах исследования. В известной степени это свойственно и трем другим странам этого таксона (Италия, Австрия и Бельгия). Основание для обособления этого *первого геоэкологического типа* дает и сопоставление исходных показателей. Для этих стран характерны более тяжелое историческое наследие антропогенной нагрузки на природу, высокие современная экономическая плотность, индустриализация и уровень жизни, низкая экологоемкость национального дохода и средние значения антропогенной, биогенной и химической нагрузки на сельскохозяйственные площади. Эти прослеженные в развитии характеристики показывают отмирающее экстенсивное природопользование и осуществленный переход к его рационализации.

Вошедшие в таксон II 6 среднеразвитых стран способствуют выявлению второго геоэкологического типа Европы. Своеобразное ядро таксона составляют страны с однородными показателями (Венгрия, Испания, Югославия), которые демонстрировали близкие значения и в трех прежних вариантах исследования. Характерными чертами для этого типа являются более благоприятное экологическое наследие антропогенной нагрузки на природу, более низкая современная экономическая плотность, средний уровень индустриализации, высокая экологоемкость национального дохода, средняя и низкая степень нагрузки на сельскохозяйственные площади. Такая социально-экономическая картина указывает на поздний старт постфеодального развития, господствующее экстенсивное хозяйство и неосуществленный переход к рациональному природопользованию.

Интерес представляет обособление таксона III, представителями которого являются четыре Балканские страны и Ирландия. Отсталое социально-экономическое развитие — характерная особенность для большинства из них. Им свойственны также малый «возраст» экологических проблем, ниже среднего по Европе экономическая плотность, индустриализация и жизненный уровень, высокая экологоемкость национального дохода и экстенсивное исполь-

зование сельскохозяйственной площади. В сущности это близкие по характеристикам упомянутым выше странам второго геоэкологического типа государства, что в более генерализированном плане дает больше оснований для присоединения их к этому типу.

Характерный по своей однородности *третий геоэкологический тип* формируют Скандинавские страны (IV таксон) и тяготеющая к ним Исландия (XII таксон). Основания для такой группировки дают уникальные природные условия, особенности их экономического развития, малая заселенность, низкая экономическая плотность, высокий уровень индустриализации, низкая экологическая емкость национального дохода, рациональное использование земельного и лесного фондов.

Показатели остальных исследуемых стран демонстрируют большие отклонения от среднего по Европе, вследствие чего в большинстве случаев их проекции оказываются на периферии схемы. Так, например, вполне логично и закономерно бывший СССР обособляется в отдельный таксон (IX). Кроме огромной территории, специфических природных условий и малой заселенности характерны для него низкая экономическая эффективность производства и все еще недостигнутый предел экологической емкости территории (значения в среднем по стране). По-другому обстоят дела с показателями европейской части СССР и Украины (V таксон), где экологические проблемы стоят более остро. Их характеристики также сходны с характеристиками стран второго геоэкологического типа, к которым они тяготеют на близкие таксономические расстояния.

В определенной мере приближаются к таксону I Люксембург и Нидерланды. Но независимо от многих сходных с этим типом характеристик Нидерланды, например, показывают вдвое выше средних по Европе уровни стоимости относительно загрязнения воздуха и нагрузки на сельскохозяйственные площади.

Исключительно большие отклонения свойственны восточной части Германии и ЧСФР. Эти статистические объекты лидируют в Европе в 2—4 раза большей

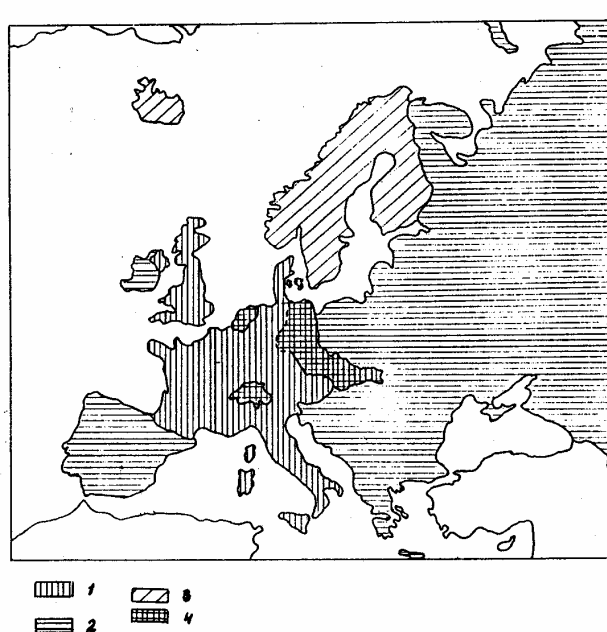


Рис. 5. Геоэкологические типы стран Европы.

1 — Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия (зап. часть), Дания, Италия, Люксембург, Франция; 2 — Албания, Болгария, Греция, Венгрия, Ирландия, Испания, Польша, Португалия, Румыния, СССР (евр. ч.), Турция, Югославия; 3 — Исландия, Норвегия, Финляндия, Швеция; 4 — Германия (вост. часть), Нидерланды, ЧСФР, Швейцария.

экологоемкостью национального дохода, густотой транспортной сети, экономической плотностью и заселенностью. Можно утверждать, что вместе с Нидерландами и Швейцарией они формируют отдельный *четвертый геоэкологический тип*, который характеризуется тяжелыми экологическими проблемами. Что касается Швейцарии, то, несмотря на низкие значения загрязнения от собственных источников, больших лесных массивов и т. д., по остальным показателям ее можно причислить к этому типу (высокие значения плотности населения, густоты транспортной сети, экономической плотности, уровня индустриализации, степени антропогенной, биогенной и химической нагрузки на сельскохозяйственные площади, импортного загрязнения).

Окончательные результаты генерализированной типологической геоэкологической классификации стран в этом исследовании наглядно видны на карте Европы (рис. 5). Проведение более широкого исследования с увеличением набора показателей может привести к выявлению новых типов за счет разделения второго геоэкологического типа (имеется в виду выделение Венгрии, Испании, Польши и Югославии).

Можно утверждать, что и без настоящего исследования возможно экспертным путем составить такую классификацию. Естественно, это возможно и делается, но когда такие результаты получены посредством математико-статистических методов, их доказательность представляется более значительной.

Полученные результаты нельзя абсолютизировать главным образом по причине большой динамики общественно-экономических процессов в странах Европы. Наоборот, такие исследования необходимо проводить периодически, чтобы наблюдать эту динамику.

София, Болгария

Поступило в редакцию
21 марта 1992 г.