

# Опыт моделирования индикативной карты экологической сети Украины средствами растровой ГИС

Хоменко С.В., к. б. н., н. с.

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины

## Актуальность и проблематика

1

Как показал опыт реализации проектов, в Украине отсутствует единая концептуальная и методологическая основа для разработки экологических сетей любого уровня – от национального до регионального. Пристальное рассмотрение многочисленных схем экосетей, созданных до настоящего времени, показывает, что всякие попытки систематизировать и упорядочить подобные наработки в виде общенациональной индикативной карты нереализуемы, в принципе. В разработку экосетей вкладывались и продолжают вкладываться немалые средства из бюджетов разных уровней, а в итоге на выходе получаются крайне противоречивые и мало сочетаемые между собой схемы. Интеграция таких наработок в единую общенациональную систему, по сути, невозможна.

Эта проблема имеет глубокие корни, так как концепция национальной экосети Украины изначально формировалась путем законодательного утверждения надуманной и искусственной системы широтных и меридиональных коридоров (Днепровский, Полесский, Галицко-Слобожанский, Южно-украинский, и др.). Как следствие, система этих коридоров стала вынужденно служить основой для дальнейших разработок, как на национальном, так и на местном уровне. Нужно заметить, что правомерность и целесообразность выделения этих коридоров вызвала и продолжает вызывать большие сомнения у специалистов, причем как с точки зрения научного обоснования, так и их возможного функционального назначения. Поэтому неудивительно, что попытки согласовать местные схемы экосети с этой абстрактной общенациональной схемой оказываются малопродуктивными.

Имеющиеся на сегодня индикативные схемы национальной экосети Украины были созданы несколькими экспертами на основе визуального изучения картографических материалов разного масштаба путем глазомерного объединения крупных лесных массивов и пойм крупных рек в некую, лишь на первый взгляд, логичную схему. В итоге, регионы Украины, расположенные в разных природных зонах и подверженные разной степени антропогенной нагрузки, соединяются «коридорами» по законодательно predetermined схеме без учета множества важных моментов. Какая-либо методология строительства экосети в данном случае отсутствует. Вместе с тем, с учетом главного назначения экологических сетей – предотвращения фрагментации природных ландшафтов и объединения ценных природных территорий в единую пространственную систему – совершенно очевидно, что всяким попыткам создания экосетей должен предшествовать тщательный анализ соответствующих пространственных факторов, определяющих степень трансформированности территорий.

Решение проблемы интеграции экосетей разного уровня требует, прежде всего, четкого унифицированного алгоритма их построения. Такой алгоритм должен быть основан на количественных методах с тем, чтобы интегрировать значимую пространственную информацию в виде пригодной для объективного анализа и непредвзятой интерпретации картографической основы. Поэтому в рамках выполнения задач проекта была предпринята попытка разработать подходы к моделированию ядер и коридоров экологической сети именно с учетом

этих требований. В основу концепции анализа было положено предположение о том, что векторная топографическая карта масштаба 1:200 000 может быть использована в качестве источника данных о степени трансформированности ландшафтов Украины.

Хорошо известно, что современные ландшафты возникли в результате длительного и многократного преобразования природы человеком. Основные векторы преобразования, разумеется, различались в разных природных зонах (распашка и ирригация в Степи, разработка полезных ископаемых на востоке страны, мелиорация в Полесье, создание искусственных водоемов в Лесостепи и т.д.). Оценить разнообразные последствия всех этих процессов и их совокупное влияние на окружающую среду чрезвычайно сложно. И, тем не менее, основным результатом, своего рода, пространственным «мерилом» прогресса в сфере преобразования природы региона почти всегда являются стандартные показатели освоенности территории, такие как увеличение плотности населения (площади застроек, рост густоты коммуникаций (дорог, трубопроводов, электрических сетей)), сокращение площади лесов, осушение болот и зарегулирование проточных водоемов. Часть этих показателей можно измерить с помощью ГИС при наличии соответствующего набора географических данных.

### Цели и задачи исследования

Целью работы было разработать и протестировать методологию исследования трансформированности ландшафтов Украины в пространстве и построить на ее основе индикативную карту национальной экологической сети. Для ее достижения было необходимо:

1. Смоделировать поверхность распространения природных ландшафтов.
2. Смоделировать действие факторов трансформирующих природные ландшафты и произвести интеграцию этих двух наборов данных (1+2).
3. Дать количественную оценку степени преобразованности ландшафтов по административным единицам.
4. Вычленить территории, изолированные друг от друга трансформированными ландшафтами (ядра экосети).
5. Ранжировать выделенные ядра.
6. Построить экологическую сеть, которая бы увязывала ядра первого и второго порядка по коридорам с минимальными значениями трансформированности ландшафтов.

### Исходные данные и программное обеспечение

В качестве источника данных для построения растровой модели были использованы отдельные векторные топографические карты масштаба 1:200 000 (разработчик НИИГК и Минприроды, состояние местности на 1998 год). Из всего набора тематических слоев топографической карты были отобраны те, которые отображают основные элементы ландшафта естественного и антропогенного происхождения (табл. 1). Поскольку выбранные слои имели разную геометрию, то подходы их растеризации тоже были разными. Точечные и линейные объекты преобразовывались в растры плотности с разрешением 2500 м (радиус поиска 10000 м), а полигональные объекты растеризовались с разрешением 100 м, с тем, чтобы избежать потерь информации об объектах, меньших по размерам, чем базовое разрешение модели (2500 м).

Таблица 1. Тематические слои топографической карты, использованные для построения модели, и параметры их растеризации.

Слой	Код слоя	Геометрия	Разрешение при растеризации	Радиус поиска (м)
<i>Природные элементы ландшафта</i>				
Речная сеть	L4	Линейный	2500	10000
Другие объекты гидрографии	L4P	Площадной	100	
Лесные массивы	L20	Площадной	100	
Болота	L27	Площадной	100	
Луга	L23	Площадной	100	
<i>Антропогенные элементы ландшафта</i>				
Населенные пункты	L8	Площадной	100	
Автомобильные дороги	L17	Линейный	2500	10000
Железные дороги	L16	Линейный	2500	10000
Нефте-, электро-, газопроводы	L14	Линейный	2500	10000
Предприятия	L13P	Площадной	100	
Предприятия	L13T	Точечный	2500	10000

Для растеризации данных и непосредственно моделирования использовано ПО ArcInfo 8.1 и приложение Spatial Analyst (разработчик ESRI). После растеризации поверхности подвергались процедуре переклассификации по 9-ти бальной системе. В дальнейшем все операции по суммированию поверхностей выполнялись уже с переклассифицированными растрами. Пошаговое описание процесса создания модели и разных этапов ее анализа приводится в разделе «Результаты анализа и их интерпретация».

### Результаты анализа и их интерпретация

**Количественная оценка преобразованности ландшафтов.** После растеризации слоев с элементами ландшафтов естественного происхождения (речная сеть, прочие объекты гидрографии, лесные массивы, болота, луга) и их переклассификации карта сохранности природных ландшафтов была получена путем суммирования клеточек всех 5 растров (рис. 1, А). На итоговой, переклассифицированной в 9-ти бальную систему, поверхности зеленый цвет указывает на относительно хорошую сохранность территорий, а красный – на плохую. Однако такая картина далека от объективности, поскольку в ней не учтены пространственные факторы антропогенного происхождения (населенные пункты, автомобильные дороги, железные дороги, нефте-, электро-, газопроводы, предприятия), которые, собственно, и фрагментируют ландшафты. Поэтому была также построена поверхность их совокупного влияния (рис. 1, Б, красный цвет – максимум влияния, зеленый – минимум). Со слоями, отражающими элементы ландшафта антропогенного происхождения, мы поступили аналогично поверхности сохранности природных ландшафтов, с той лишь разницей, что после переклассификации суммарного растра его значения были домножены на -1. Затем обе поверхности, «позитивная» и «негативная», были суммированы, чтобы получить интегральную оценку степени трансформированности ландшафтов. В итоге, клетки растра с высокими значениями (зеленый цвет) стали указывать на локализацию территорий мало измененных человеком, а с низкими (красный цвет)

– на расположение тех, которые испытали существенную трансформацию (рис. 2 А).

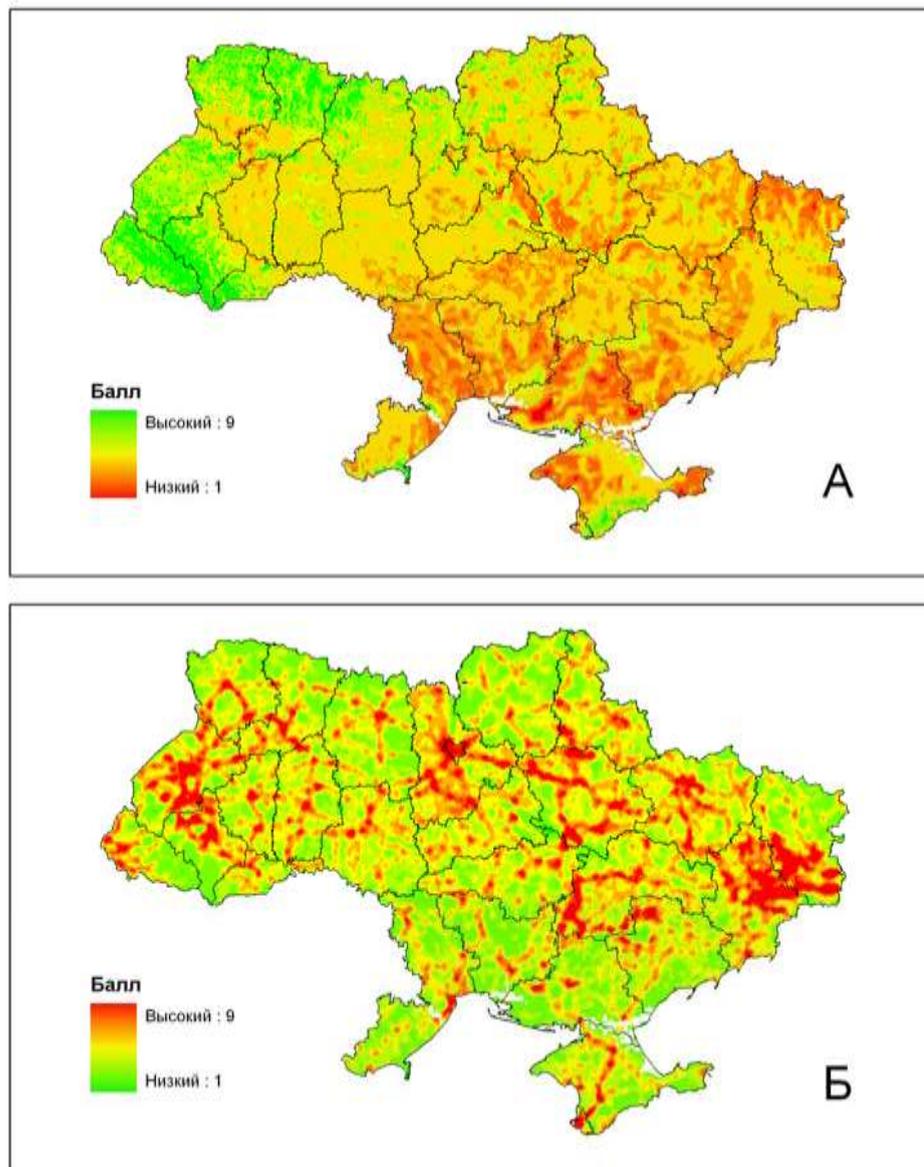


Рисунок 1. А) Сохранность природных территорий Украины (высокий балл показывает хорошую сохранность); Б) степень трансформированности ее ландшафтов (высокий балл показывает сильную преобразованность).

Сравнение «положительного» и «негативного» растров показывает, что территории с преобладанием природных элементов ландшафта в основном имеют линейную структуру. Это водохранилища, поймы крупных рек, крупные лесные массивы на надпойменных террасах и др. (рис. 1, А). В отличие от них, территории с преобладанием антропогенных элементов (рис. 1, Б) формируют радиальные структуры вокруг крупных мегаполисов или областных (районных) центров), чем собственно и создает эффект фрагментации природных ландшафтов.

На суммарной поверхности этих двух растров упомянутый эффект становится еще более заметным. «Природные» территории оказываются окруженными линейными структурами антропогенного происхождения, своего рода «экологическими барьерами». В категорию «природных» попадают участки с густой гидрографической сетью, водохранилища, лесные массивы, болота или

луга расположенные на достаточном удалении от скоплений населенных пунктов, промышленных объектов, путей сообщения и прочих коммуникаций.

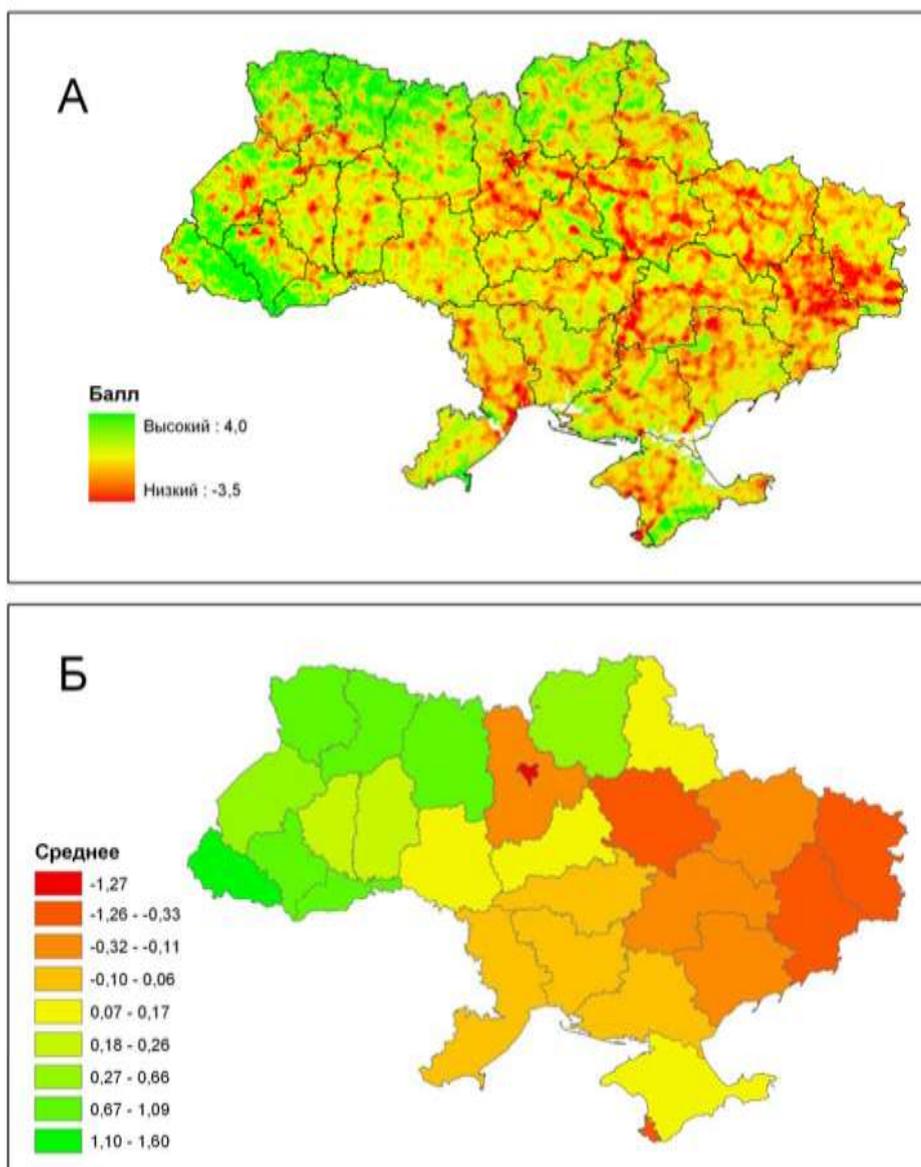


Рисунок 2. А) Интегрированная поверхность трансформированности ландшафтов (положительные значения – преобладание природных территорий, негативные – преобразованных территорий); Б) средний балл их преобразованности по областям (отрицательные значения – сильно преобразованные, положительные – слабо)

Обращает на себя внимание тот факт, что в некоторых регионах страны (Карпатский, Полесский, ЮБК, Придунавье) степень преобразованности ландшафтов сравнительно невелика и эффект фрагментации практически не проявляется (рис. 2, А). Если определить усредненные значения трансформированности ландшафтов по областям страны (рис. 2, Б), окажется, что они распределяются приблизительно равномерно вокруг среднего балла трансформированности ( $T = 0,19$ ). Ранжирование областей по значению  $T$  показывает наихудшую сохранность естественных ландшафтов на востоке страны, а наилучшую – в западных, и северо-западных областях (табл. 2).

Таблица 2. Усредненные значения трансформированности ландшафтов (Т, чем меньше его значение, тем сильнее изменены ландшафты) по административно-территориальным единицам Украины. Области ранжированы в порядке увеличения значения Т.

№	Область	Т	№	Область	Т
1	Киев (горсовет)	-2,48	14	Черкасская	0,22
2	Донецкая	-1,27	15	Сумская	0,32
3	Севастополь (горсовет)	-0,78	16	Винницкая	0,35
4	Полтавская	-0,71	17	АР Крым	0,38
5	Луганская	-0,65	18	Тернопольская	0,45
6	Днепропетровская	-0,52	19	Хмельницкая	0,52
7	Харьковская	-0,48	20	Львовская	1,21
8	Киевская	-0,20	21	Черниговская	1,32
9	Запорожская	-0,20	22	Черновицкая	1,72
10	Кировоградская	-0,05	23	Житомирская	1,73
11	Херсонская	0,10	24	Волынская	2,13
12	Одесская	0,11	25	Ивано-Франковская	2,13
13	Николаевская	0,17	26	Ровенская	2,19
	<b>Средний балл</b>	<b>0,19</b>	27	Закарпатская	3,19

Таким образом, предлагаемая методика позволяет количественно охарактеризовать масштабы преобразований ландшафтов для любого зонального набора данных (областей, районов и т.п.). Соответственно, это позволяет и приоритизировать регионы по необходимости создания экологических коридоров. Логично ожидать таких действий в областях, наиболее пострадавших вследствие хозяйственной деятельности человека (Киев (горсовет), Донецкая, Полтавская, Луганская, Днепропетровская области). В то же время, в таких областях как Житомирская, Волынская, Ивано-Франковская, Ровенская и Закарпатская необходимость в создании коридоров может вообще отсутствовать, т.к. их ландшафты очень мало трансформированы человеком.

**Рельеф преобразованности.** Следующим шагом в анализе пространственной картины преобразованности ландшафтов Украины было создание ее трехмерной модели (аналога DEM). Для этого суммарный растр (рис. 2, А) был переклассифицирован и домножен на «- 1», т.е. значения клеток были заменены на противоположные по знаку. В итоге, наивысший бал (9) получили наиболее преобразованные территории, а «природные» - наинизший (1). Такую модель можно условно назвать «рельефом трансформированности» ландшафтов Украины (рис. 3) и использовать для ее изучения ряд подходов, традиционно применяющихся в гидрологическом моделировании. Мы будем исследовать возможности перемещения потоков (в нашем случае распространения компонент биоты: растений и животных) по рельефной поверхности. На этой поверхности имеются «вершины» и «хребты», по которым движение потока невозможно или затруднено (преобразованные территории), а также «котловины» и «долины», в которых сохранились природные территории и по которым компоненты биоты распространяются с минимальными трудностями.

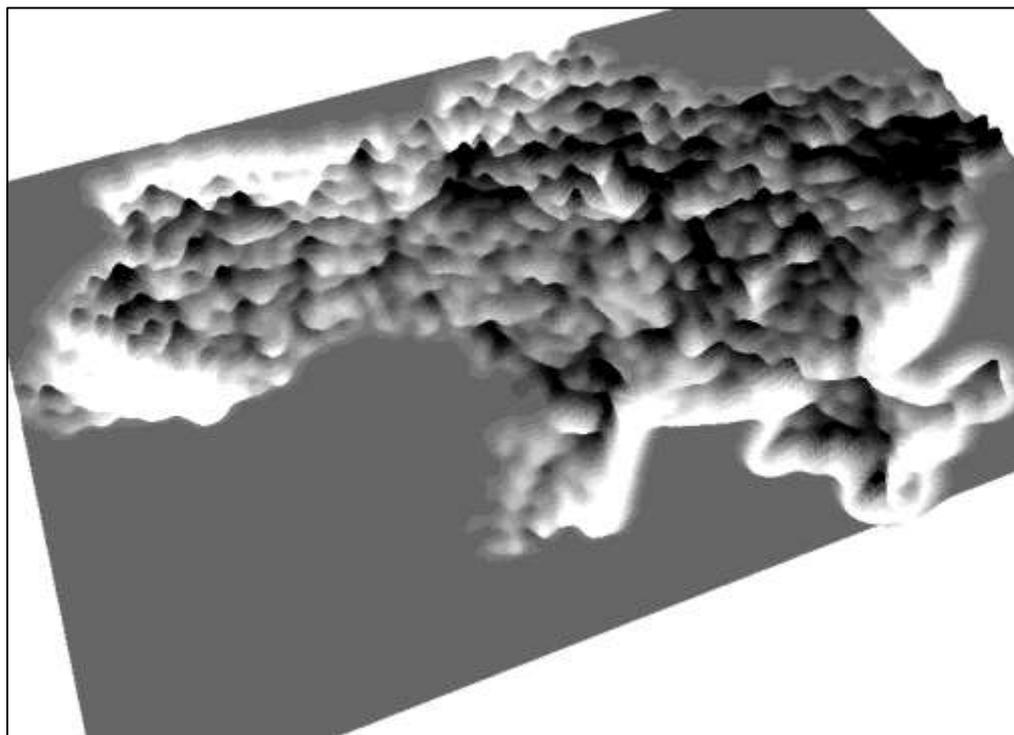


Рисунок 3. Трехмерная цифровая модель «рельефа преобразованности» ландшафтов Украины.

**Поиск территорий-кандидатов на ядра экосети.** Первая задача, которую позволяет решить создание рельефа преобразованности, - это определение природных «территорий-изолятов», т.е. тех из них, которые окружены трансформированными ландшафтами. Фактически, мы будем искать ядра будущей экологической сети: фрагменты природных территорий, нуждающиеся в соединении с такими же близлежащими объектами.

Для этого мы воспользуемся алгоритмом поиска т.н. бессточных котловин («sinks»), который определяет пиксели (клетки раstra), окруженные более высокими по значению клетками. Если продолжить аналогию с гидрологией – то такие бессточные котловины нашего рельефа можно назвать «экологическими озерами». Логично ожидать, что эти «озера» являются одновременно и центрами биоразнообразия, т.к. их «дно» представляет собой более или менее сохранившиеся участки природных ландшафтов. Итоги применения этого алгоритма показаны на рис. 3.

Вторая задача, логично возникающая после определения ядер, - это их ранжирование. Необходимо найти критерий, по которому можно было бы классифицировать ядра с тем, чтобы установить между ними иерархию. Возможны разные варианты решения этой проблемы, в том числе и с привлечением дополнительных данных, каким-либо образом количественно характеризующих ядра (численность вида/видов животных или растений, индексы биоразнообразия, площадь и т.д.). Разумеется, что от того, каким образом будет построена иерархия ядер экологической сети, будет зависеть и структура объединяющих их коридоров. Вообще проблема ранжирования ядер чрезвычайно сложна, так как для ее решения необходимо иметь четкое представление о том, каким целям будут служить коридоры их соединяющие, для каких видов животных или растений такая сеть создается, и какова роль отдельных ядер (коридоров) в поддержании пространственной структуры популяций этих животных (растений). У

создателей предшествующих индикативных карт экосети Украины на большинство этих вопросов ответов явно не было. Мы сомневаемся и в том, что такие вопросы вообще стояли на повестке дня. А, вместе с тем, они являются ключевыми, так как от того, в какой мере пространственная структура экосети будет соответствовать экологическим потребностям животных или растений и будет зависеть ее эффективность.

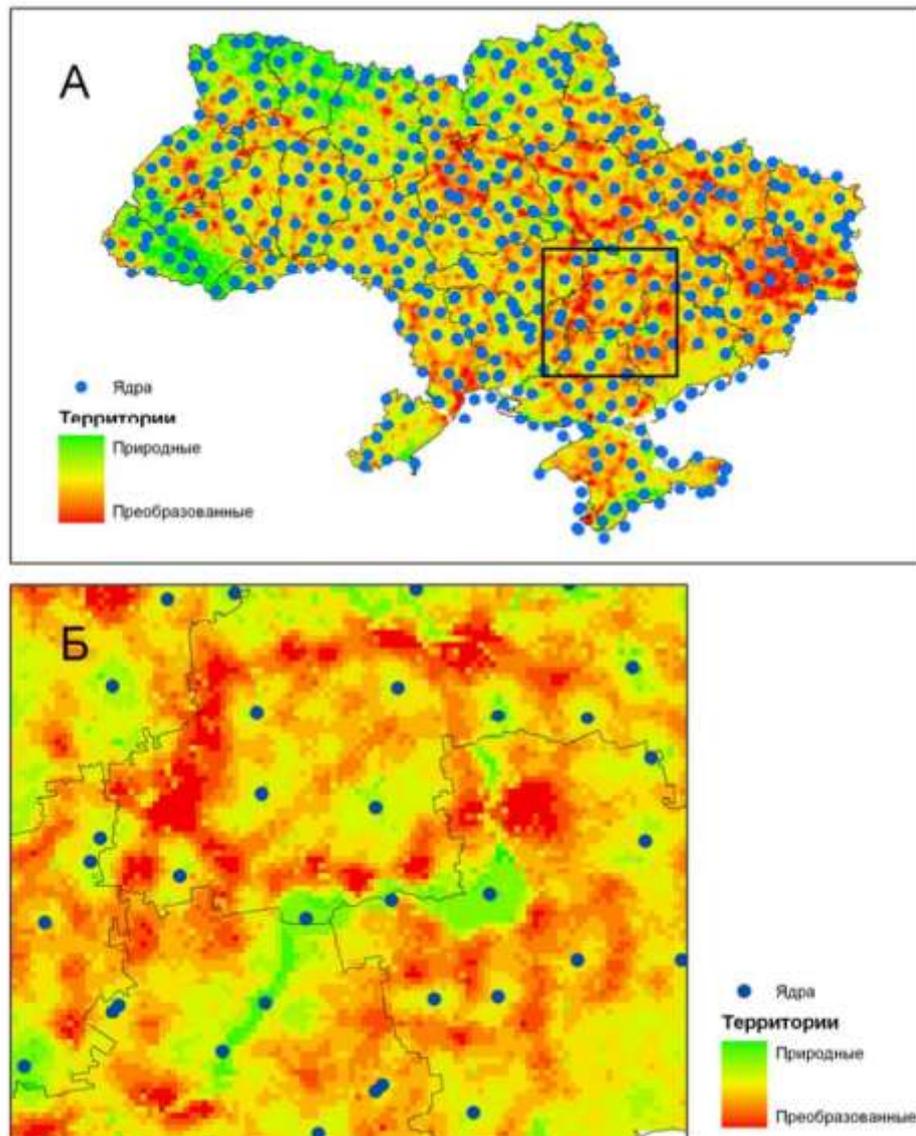


Рисунок 3. Ядра экологической сети на фоне рельефа преобразованности ландшафта (А) и фрагмент той же карты (врезка показана черным квадратом) большего масштаба (Б).

В рамках этой статьи у нас нет возможности осветить всю многогранность проблемы ранжирования ядер. Мы можем лишь наметить несколько моментов, которые представляются нам важными и перспективными для дальнейшей разработки. Во-первых, должен быть определен список видов животных и растений, действительно страдающих от фрагментированности ландшафтов с тем, чтобы подойти к построению видоспецифичных экологических сетей. Во-вторых, необходимо определить видовые пороги степени трансформированности ландшафта (или его отдельных элементов, например, лесных массивов) за

которыми виды не могут сохранять пространственно и генетически целостные популяции. Пространственная структура экосети должна обязательно строиться с учетом этих параметров. В-третьих, при планировании таких видоспецифичных экосетей нужно учитывать ареалологические данные. Другими словами, как метко заметил один из наших коллег: «незачем строить коридор, по которому лось из Полесья может добежать до Крымского полуострова».

Суммируя вышесказанное, можно сказать, что построение эффективной экологической сети невозможно без четкого понимания особенностей экологии видов, пространственной структуры их населения и размещения на территории Украины. С учетом этих данных вопрос ранжирования ядер мог бы решаться на основе интеграции видоспецифичных экологических сетей в общенациональную экологическую сеть, удовлетворяющую потребностям большинства угрожаемых видов. Достаточно большим потенциалом в этом плане обладает биоклиматическое моделирование распространения растений и животных. Оно позволяет определить территории, которые по биоклиматическим показателям пригодны для обитания тех или иных видов и соответственно учесть эти данные при создании экосети.

И, тем не менее, более простой (хотя далекий от идеального) способ произвести предварительное ранжирование ядер экосети все же существует. Биологам хорошо известно, что именно крупные малотрансформированные территории являются рефугиумами дикой природы и большинство редких и малочисленных представителей биоты сосредоточены именно на них. Такие территории, как правило, располагаются на большом удалении от крупных населенных пунктов в труднодоступных районах страны.

Поэтому, чтобы сравнить выделенные ядра между собой, мы рассчитали средние значения балла трансформированности в пределах полигонов, границы которых проходят по точкам, равноудаленным от центра ядра и близлежащих ядер, т.н. «*allocation polygons*» (см рис 4). Дальнейшая классификация ядер может быть проведена по-разному, в зависимости от желаемого количества рангов. В этой модели мы разбили перечень ядер сети на 2 класса: 1 – ядра первого порядка (наименее трансформированные территории, верхняя треть перечня); 2 – ядра второго порядка (остальные 2/3 перечня). Заметим, что такой подход предполагает, что ядра второго порядка – это региональные ядра экологической сети, которые, в свою очередь, должны быть связаны с ядрами третьего порядка. Таким образом, мы ограничиваемся моделированием коридоров, которые будут связывать между собой ядра первого и второго порядка, обеспечивая возможности для распространения растений и животных от первых ко вторым. Аналогичный подход реализуем и на региональном уровне для построения коридоров связывающих между собой ядра второго и третьего порядка. Для этого нужно более высокое пространственное разрешение модели, с тем, чтобы обеспечить большую точность в определении ядер и коридоров на местности.

Общая картина распределения ядер первого порядка на территории Украины достаточно показательна. Их львиная доля сосредоточена в Карпатском и Западно-Полесском регионах. Отдельные крупные ядра находятся в Ростоцье и в Центральном и Восточном Полесье, а так же вдоль морского побережья страны. Характерно, что на западе Украины малотрансформированные территории образуют сплошные массивы, и необходимость в создании каких-либо объединяющих их коридоров отсутствует. Иначе обстоит дело на остальной территории Украины, где сравнимые с ними по сохранности ядра первого порядка рассредоточены крайне неравномерно, а на востоке страны вообще отсутствуют. Нужно также обратить внимание на то, что выделение крупных ядер вдоль морского побережья является, в некоторой мере, артефактом метода. Проблема

моделирования в этом регионе заключается в том, что с переходом от суши к морю модель становится не совсем адекватной, так как какие-либо характеристики преобразованности акватории в исходном наборе данных отсутствуют. Поэтому средний балл трансформированности для прибрежной акватории Украины оказался одинаково низким в разных ее частях. Другими словами, согласно построенной модели, морская акватория Украины совершенно не преобразована (что, в общем-то, справедливо). А это, в сочетании с наличием слабопреобразованных участков побережья, и определило локализацию прибрежных ядер первого порядка.

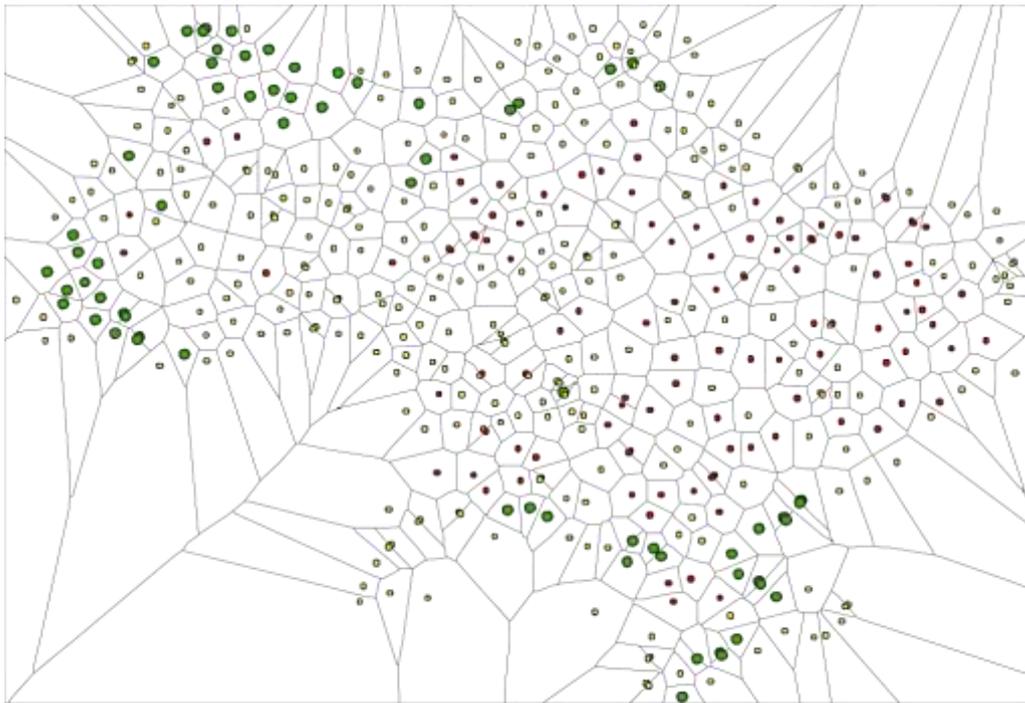


Рисунок 4. Ранжирование ядер экологической сети по усредненным значениям балла трансформированности в пределах *allocation polygons*. Ядра первого порядка отмечены кружками большего диаметра.

И все же, несмотря на некоторую искусственность выделения этих элементов экосети, определенная логика здесь присутствует. Хорошо известно, что побережья крупных водоемов сами по себе являются крупными экологическими коридорами, разрывы в которых возникают в местах локализации крупных городов (в случае Украины это Одесса, Николаев, Севастополь, Феодосия, Керчь, Мариуполь и др.). Наша модель до известной степени учитывает это обстоятельство, хотя в идеале моделирование прибрежно-морских элементов экосети требовало бы привлечения дополнительных данных по экологическому состоянию акваторий (уровень органических и неорганических загрязнений, направления течений, уровень опреснения, морские пути и др.). Большое значение также имеет проходимость проливов, соединяющих море и лиманы, состояние лиманов и устьевых зон рек. Другими словами, нужно дополнительно разработать модель экосети, ориентированную на потребности морских гидробионтов и полупроходных видов (система «река-лиман-море»), а так же обитателей проточных (полупроточных) водоемов. Вообще, проблема зарегулированности стока украинских рек (фрагментация гидрологической сети)

должна стать важной составляющей концепции строительства экосети. Моделирование экосети объектов гидрографии является отдельной задачей и выходит за рамки этой статьи. Оно требует не только иного набора данных, но и иного методологического подхода.

**Построение коридоров экосети.** Последним шагом в моделировании индикативной карты экосети Украины было создание системы коридоров, связывающих между собой ядра первого и второго порядка. Обычно ожидается, что коридоры экологической сети будут проходить по территориям, которые в минимальной степени преобразованы человеком. В некоторых случаях для создания коридоров производят ренатурализацию территорий, восстановление (хотя бы частичное) исходных ландшафтов. И все же экологические коридоры создаются, большей частью, следуя остаткам природных ландшафтов, т.е. по поверхности минимального сопротивления. В терминах растрового моделирования, перед нами стоит задача соединить ядра по клеточкам растра с минимальным баллом трансформированности ландшафта (зеленый цвет на рис. 2, А). Для ее решения можно воспользоваться алгоритмом поиска кратчайшего (наименее затратного) пути, который является стандартной встроенной функцией приложения Spatial Analyst. Применяя этот алгоритм, мы соединяем одну группу точек (ядра первого порядка) с другой группой точек (ядрами второго порядка) маршрутами, при перемещении по которым компоненты биоты будут встречать минимальное влияние антропогенных факторов. При этом алгоритм сам решает две важные задачи. Во-первых, он сравнивает между собой все возможные маршруты (от каждого ядра 2 порядка ко всем ядрам 1 порядка). Во-вторых, он рассчитывает затраты при движении по каждому из маршрутов как с учетом условия прохождения через клетки растра с минимальными значениями преобразованности, так и с соблюдением условия сокращения длины маршрута в пространстве. Первое позволяет найти оптимальную конфигурацию элементов экосети, а второе сократить общую протяженность экологических коридоров без потери их эффективности. Итоговый результат моделирования представляет собой сеть оптимально организованных маршрутов, соединяющих между собой близлежащие ядра первого и второго порядка (рис. 5, А). При этом все элементы экосети располагаются на территориях в минимальной степени преобразованных человеком (рис. 5, Б).

Обращаем внимание на то, что предлагаемая индикативная схема экосети, в отличие от более ранних прототипов, имеет радиальную, а не линейную структуру. Такая структура больше соответствует природному зонированию территории Украины, поскольку группирует пространственно близкие ядра в целостные системы в пределах Карпат, Росточья, Западного и Восточного Полесья, а также в Степной Зоне и вдоль Азово-Черноморского побережья. Ввиду сильной трансформированности ландшафтов на востоке страны, этот регион, на фоне Карпат и Полесья оказался «обделенным» ядрами первого порядка и поэтому большая часть коридоров от ядер второго порядка имеет южную или юго-восточную ориентацию. Иначе говоря, критерии, примененные для отбора ядер первого порядка на национальном уровне, не применимы для восточной части страны. Для того чтобы исправить это положение нужно провести моделирование экосети в этом регионе отдельно от остальной части Украины. Это позволит изменить основные параметры модели, в частности снизить пороговое значение трансформированности для ядер первого порядка.

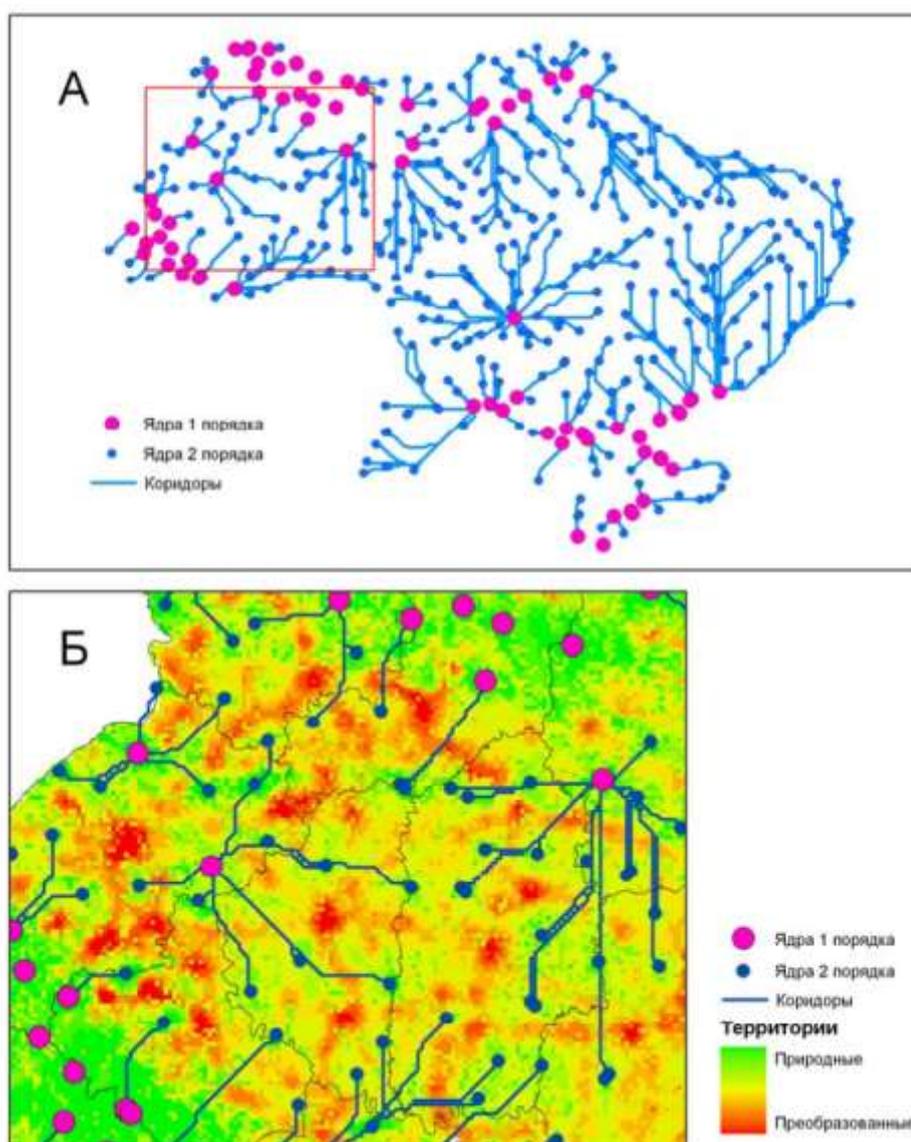


Рисунок 5. А) Индикативная карта экосети Украины; Б) фрагмент той же карты большего масштаба (врезка показана красным квадратом) с подложкой рельефа преобразованности.

**Моделирование экосети на региональном уровне.** Предлагаемая методология поиска объектов, потенциально пригодных для создания экологической сети была также апробирована на региональном уровне (области). Для этого разрешение модели было увеличено пятикратно (клетки растра 500\*500 м) и последовательно повторены все шаги алгоритма моделирования. В процессе его выполнения, также как и при моделировании на национальном уровне, были выделены два типа ядер (второго и третьего порядка), однако благодаря большей точности модели мы смогли изобразить их на схеме в виде векторных объектов. Таким образом, нам удалось подойти уже непосредственно к выделению территорий-кандидатов на элементы экосети на местности.

Поверхности преобразованности ландшафтов с высоким разрешением были созданы для Киевской и Сумской областей, а также для 4 областей в бассейне Южного Буга (Николаевская, Одесская, Винницкая и Кировоградская). За недостатком места мы не можем привести здесь результаты моделирования в каждом конкретном случае. Однако следует указать, что они продемонстрировали

высокую степень достоверности. Так при моделировании экосети Сумской области мы имели возможность сравнить наши результаты с разработкой коллектива авторов по Новгород-Северскому Полесью (Екологічна мережа Новгород-Сіверського Полісся, 2003). Для указанного региона имело место почти 100 % совпадение элементов экосети (ядер и коридоров) предложенных экспертами и идентифицированных путем моделирования. В Сумской области была отмечена достоверная пространственная корреляция между объектами ПЗФ и территориями с высокой степенью сохранности природных ландшафтов.

Была также исследована возможность моделирования экосети с учетом уже существующего природно-заповедного фонда. Для этого к числу выделенных в ходе анализа ядер были добавлены объекты ПЗФ и построены экологические коридоры с учетом этих добавлений. Принимая во внимание то, что многие ядра пространственно совпадают или близки к объектам ПЗФ, такая расширенная индикативная карта приобретает большую практическую значимость для создания реальной экосети.

### Выводы и рекомендации

Предлагаемый подход к созданию экосети с помощью растрового моделирования обладает большим потенциалом для дальнейшего развития. Он позволяет исследовать генерализованный показатель трансформированности ландшафта в разных масштабах и с разным разрешением, что обеспечивает значительную гибкость, точность и адекватность моделей. Существуют возможности наращивать «интеллектуальный потенциал» такой ГИС за счет включения новых слоев данных, изменения параметров и критериев поиска и отбора ядер, а также построения видоспецифичных поверхностей сопротивления распространению видов. В такую систему можно интегрировать фактически ничем не ограниченное количество тематических слоев для моделирования любых процессов связанных с распространением животных и растений. Однако все эти возможности имеет смысл реализовывать только тогда, когда будет ясно, **для кого строятся экологические сети**. От того, кто и как будет пользоваться созданными коридорами и будут зависеть основные параметры модели. Сегодня основным «пользователем» экосетей является некое абстрактное «биоразнообразие» в отношении потребностей которого трудно сказать что-либо конкретное.

Мы уже упоминали о том, что предложенная модель ориентирована, прежде всего, на наземных представителей биоты. Вместе с тем, существует проблема фрагментированности гидрографической сети Украины, как следствия зарегулированности большей части ее поверхностного стока. Поэтому в будущем логично было бы разработать аналогичный подход к моделированию экологической сети проточных водоемов, т.е. создать экологическую сеть для гидробионтов.

Очевидно также и то, что мы слишком мало знаем о распространении животных и растений для того, чтобы строить экологическую сеть ориентированную на конкретные потребности тех или иных видов. Мы много говорим о биоразнообразии и экосетях, но по-сути знаем очень немного о том, как отразилась фрагментация природных ландшафтов на состоянии популяций конкретных видов. Огромным подспорьем в этом деле могли бы стать государственные Кадастры животного и растительного мира.

В заключение отметим, что опыт моделирования экосетей, описанный в этой работе, можно рассматривать только как предварительный. Ввиду наличия массы нерешенных принципиальных вопросов в отношении основных параметров

экосети, предложенная индикативная карта – это, прежде всего, демонстрация возможностей метода. Однако нельзя не признать, что этот опыт достаточно поучителен во многих отношениях. Продолжая его можно было бы подойти к созданию атласа (принципиальной схемы) экологической сети Украины на уровне регионов. Это стало бы хорошей отправной точкой для работы местных экспертов и позволило бы упорядочить усилия по созданию экосети Украины на единой концептуальной основе. При этом удалось бы избежать многих досадных просчетов и недоразумений, которые сегодня мешают интегрировать региональные наработки в общенациональную схему ввиду их принципиальной несогласуемости.

### **Литература:**

Екологічна мережа Новгород-Сіверського Полісся/ Панченко С. М., Андрієнко Т. Л., Гавриць Г. Г., Кузьменко Ю. В., - Суми: Університетська книга, 2003. – 92 с.