

УДК 528.94

**Колосова Н.Н.***(г. Москва)*ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТ  
ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИИ

*Аннотация.* В статье рассматривается содержание общегеографических и тематических карт, возможность их использования в качестве источника информации при оценке экологического состояния территории. Особое внимание уделяется топографическим картам. Описываются методы использования карт: совместного изучения топографических и тематических карт, вычисления коэффициентов корреляции, совмещенных профилей. Подробно автор останавливается на изучении по картам динамики элементов экосистемы и предлагает методику определения степени изменчивости местности. Приводится фрагмент построенной по предлагаемой методике карты динамики.

*Ключевые слова:* топографическая и тематическая карты, коэффициенты корреляции, совмещенные профили, динамика, коэффициент изменчивости элементов местности, экстраполяция.

**N. Kolosova***(Moscow)*THE USE OF MAPS IN ECOLOGICAL ASSESSMENT  
OF THE TERRITORY

*Abstract.* The article discusses the content of geographic and thematic maps, the possibilities of their use as a source of information in assessing the ecological status of the territory. Special attention is paid to topographical maps. The article describes the methods of using maps, i.e.: the joint study of topographic and thematic maps, calculation of correlation coefficients and combined profiles. The author describes in detail the methods of studying the dynamics of ecosystem elements and suggests methods for determining the degree of terrain variability. The article presents a fragment of the map, made in accordance with the proposed procedure.

*Key words:* topographic and thematic maps, correlation coefficients, combined profiles, dynamics, variability coefficient of terrain elements, extrapolation.

Изучение и оценка экологического состояния окружающей среды необходимы при проектировании размещения и эксплуатации различного рода промышленных, сельскохозяйственных, рекреационных и

других объектов, а также при прогнозировании возможных изменений, происходящих (или произошедших) под воздействием внешних факторов, чаще техногенных. В процессе экологического проектирования может возникнуть необходимость прогнозирования тех или иных процессов и скорости, с которой частично или полностью изменяется геосистема в результате естественного развития и деятельности человека.

Одним из важнейших инструментов решения поставленных задач является карта, позволяющая наглядно представить географический образ территории. Необходимо решить, какая карта будет удовлетворять поставленным задачам.

Как и все карты, она должна соответствовать требованиям точности, современности и достоверности – это непреложный закон картографии. Для целей комплексного изучения территории при экологическом проектировании необходимы и общегеографические, и тематические карты. Из общегеографических карт наибольший интерес представляют топографические карты. Ценность их состоит в том, что это – крупномасштабные карты (масштаба 1:1000 000 и крупнее), построенные на единой математической основе, по единым инструкциям и условным знакам, обладающие высокой точностью.

Точность карты определяется возможностью выполнения по ней измерений с результатами, максимально приближенными к реальности, длин, площадей, углов, определения координат, получения различных характеристик объектов и явлений (например, предполагаемого объема древесины в лесу, характеристик рек и возможности переправы через них, углов наклона склонов и т. п.). В инструкциях по созданию топографических карт указано, что средние ошибки в положении контуров на равнинной местности не должны превышать 0,5 мм, в горных и высокогорных районах – 0,75 мм. Предельные ошибки измерения удваиваются для удаленных и труднодоступных районов картографирования.

Ошибку измерения ( $m_k$ ) координат точек равнинных территорий по топографической карте можно вычислить по формуле:

$$m_k = \pm 0,5 \times N \text{ мм} = \pm 0,0005 \times N \text{ м},$$

а расстояние между точками по прямой можно измерить с точностью ( $m_s$ ):

$$m_s = \pm 0,5\sqrt{2} \times N \text{ мм} = \pm 0,0007 \times N \text{ м},$$

где N – знаменатель масштаба карты.

По топографическим картам могут быть составлены карты уклонов склонов, густоты овражно-балочной сети и горизонтального расчленения рельефа, густоты гидрографической сети, залесенности, профилей долин рек, рельефа участка. Подробная информация о местности позволяет вычислить такие показатели экологической нагрузки территории, как плотность дорожной сети, густота населенных пунктов, освоенность земель и др.

Тематические карты, т. е. карты, разработанные по определенной теме, являются очень ценным материалом для экологических исследований, особенно, если их достоверность подтверждается статусом организации или автора, а современность – годом издания или годом исходных материалов, использованных для создания самого источника. Из тематических карт, в первую очередь, используются карты экологической тематики, а также карты населения, транспорта, растительного покрова, геологические, геоморфо-логические, почвенные и др. Это так называемые частные оценочные, или констатационные карты, которые применяются как источники информации при оценке состояния отдельных компонентов ландшафта и как картографические материалы для составления комплексных экологических карт.

Для достижения поставленных целей необходимо выбрать масштаб картографического источника. Наиболее ценными для экологических исследований являются крупномасштабные карты, т. е. карты масштабов от 1:10 000 до 1:200 000. Среднемасштабные карты 1:200 000 – 1:1000 000 могут использоваться для составления экологических прогнозов и планирования природоохранных мероприятий крупных регионов [3].

Для создания тематических карт не существует строгих инструкций, а следовательно, и точность их может быть ниже, чем топографических, особенно если в качестве географической основы и исходного картоматериала были использованы тематические карты или другие иные некартографические источники. С осторожностью следует подходить и к достоверности тематических карт, если материалом для их создания служили литературные источники.

Содержание топографических карт используется в качестве географической основы для частных тематических карт и разработки содержания комплексных экологических карт. Материалы экологического картографирования могут быть переведены в автоматизированные аппаратно-программные системы, осуществляющие сбор, хранение, обработку, преобразование, отображение и распространение данных. По ним составляются цифровые модели компонентов среды – рельефа,

гидрографии, почв, растительности, организованные по слоям [6]. Преобразование слоев дает возможность получения новой информации, комплексного изучения условий формирования экологической ситуации. Широко используются геоинформационные системы (ГИС).

Кроме топографических и тематических карт, полноценным картографическим материалом для составления экологических карт и оценки экологической ситуации территории служат аэрофото- и космические снимки. В качестве дополнительного материала привлекаются статистические, литературные источники, научные отчёты о полевых исследованиях.

Изучение территории может выполняться с помощью *совместного использования топографических и тематических карт*. При таком способе изображение компонентов экологической нагрузки на частных картах совмещается с общегеографическим содержанием топографических карт. Выполнить совмещение изображений возможно лишь при единстве масштабов и картографических проекций. В противном случае необходимо трансформирование источника. Совмещение изображений выполняется с помощью кальки или специального проектора. Результатом таких исследований является не только наглядность пространственных изменений, но зачастую и понимание причин, их вызывающих, выявление закономерностей, составление прогнозов изменения и развития окружающей среды [7].

Сравнение по картам связей между явлениями всегда проявляется через соответствие картографических изображений. Выявить тесноту причинно-следственных связей между компонентами конкретной экосистемы и экосистемами в целом можно с помощью вычисления *коэффициентов парной, ранговой и многопараметрической корреляций* [1; 2].

Надежным методом выявления взаимосвязей между элементами внутри экосистем является *построение совмещенных профилей* по разным тематическим картам [5].

При прогнозировании возможных экологических ситуаций важно знать скорость изменений элементов природного и социально-экономического ландшафтов территории и возможный итог (или предел) этих изменений. *Изучение динамики* явлений выполняется по картам разных лет издания или составленным на разные стадии возникновения, проявления, развития или последствий каких либо процессов.

Остановимся на этом способе изучения подробнее. Исследование динамики элементов местности проводилось в Тверской области и начиналось с районирования территории. Было выявлено 5 районов, различающихся по географическим и экономическим условиям. В каждом

из них вычислены коэффициенты изменчивости элементов гидрографии, растительности, населенных пунктов, дорожной сети. В качестве картографического материала использовались топографические карты масштаба 1:100 000 с 35-летней разностью сроков издания.

Предварительное изучение и ландшафтное районирование территории – необходимая стадия при любом картографическом методе исследования. Все расчеты проводились применительно к выделенным районам. Количественные критерии динамики элементов местности устанавливались по топографической карте с использованием математико-статистических методов.

Развитие элементов природного и социально-экономического ландшафтов наделяется различными по величине и направленности скоростями. Однако изменения на местности не могут быть зафиксированы на топографической карте до тех пор, пока сумма их не достигнет определенного объема. Это объясняется масштабом карты, ее точностью, законами генерализации, не позволяющими изображать мелкие, несущественные подробности, и финансовыми соображениями. Для каждого элемента содержания карты инструкциями по созданию топографических карт устанавливаются цензы генерализации (минимальные участки леса, длина и ширина рек и др.), которые, на наш взгляд, упрощают исследования, поскольку они, как бы просеивая мелочи, оставляют на карте главные, существенные признаки явлений, характерные для конкретной местности.

Изменения любого природного элемента местности происходят непрерывно, но скорость их – величина переменная (например, зарастание вырубков мелколиственными породами происходит гораздо интенсивнее, чем широколиственными или хвойными). Социально-экономические элементы преобразуются несколько иначе, но в районах с давно сложившейся экономикой изменяются, как правило, «спокойно»; это позволяет считать скорость изменений равномерной величиной.

Абсолютная скорость изменений любого элемента местности по картам разных лет съемки или издания может вычисляться как отношение разности объемов (площади, длины, количества и т. п.) на время, прошедшее между съемками. Необходимо помнить, что скорость – вектор, т. е. знак изменения может быть положительным и отрицательным, соответственно обозначающим увеличение или уменьшение объема элемента. За первоначальную величину следует принимать изображение на карте более раннего издания.

Однако такой подход не всегда оправдан, т. к. для малых объектов скорость всегда будет мала. Поэтому более корректно вычисление от-

носительной скорости изменения – частного от деления разности объемов на средний объем элемента, отнесенное к единице времени. Относительные скорости не зависят от объема явления, сравнимы между собой, возникновение или уничтожение элемента выражаются постоянной величиной, противоположной по знаку. Они могут быть вычислены для каждого участка леса, реки, населенного пункта или района в целом. Например, можно вычислить скорость изменения густоты поселений или дорожной сети, скорость развития эрозионной сети и т. д.

Устойчивость ландшафта косвенным путем оценивается в том числе и через динамику элементов местности. Показатель устойчивости противоположен по смыслу понятию «изменяемость» – чем выше коэффициент изменяемости, тем ниже устойчивость.

Исследования динамики ландшафтов Тверской области проводились с помощью вычисления *коэффициентов изменяемости* ( $\gamma$ ):

$$\gamma = (N_2 - N_1)^2 : [1/2 (N_1 + N_2)]^2, \text{ где}$$

$\gamma$  – коэффициент изменяемости территории,

$N_1$  и  $N_2$  – объемы элемента на картах 1-го и 2-го сроков издания.

Коэффициент изменяемости в результате вычислений по этому алгоритму приобретает значения в пределах от 0 до 4. Уменьшение или увеличение одинаковых элементов на одинаковую величину выражается одним коэффициентом. Стабильность элемента соответствует коэффициенту  $\gamma = 0$ , полное уничтожение или возникновение элемента – коэффициентом  $\gamma = 4$ .

Для каждого из выделенных географических районов были вычислены коэффициенты изменяемости элементов гидрографии, растительности, населённых пунктов, дорожной сети.

Динамика речной сети изучалась по коэффициентам густоты, планового очертания русел (длины водотока), вносилась поправка за изменение площади озер. Вычисления выполнялись в пределах речных бассейнов. При изучении изменяемости очертаний русел и русловых образований вычислялся коэффициент устойчивости с учетом уклонов русел и диаметров донных отложений (по полевым наблюдениям и литературным источникам). Изучалось изменение стока вследствие увеличения залесенности водосборов [4]. После суммирования всех составляющих коэффициента изменяемости рек для каждого района получены значения  $\gamma$  от 0,21 до 0,91. Максимальные значения коэффициентов  $\gamma$  приурочены к равнинным заболоченным районам, где выполнялись гидромелиоративные работы (табл. 1).

Таблица 1

## Коэффициенты изменяемости речной сети

Бассейны	Коэффициенты изменяемости густоты	Коэффициент изменяемости планового очертания русел	Коэффициент изменяемости площади озер	Суммарный коэффициент изменяемости речной сети $\gamma_r$
1	0,38	0,08		0,46
2	0,21	0,01		0,22
3	0,27	0,10		0,37
4	0,28	0,63		0,91
5	0,11	0,46		0,57
6	0,16	0,003	0,007	0,21

Для вычисления коэффициента  $\gamma$  растительного покрова вся площадь разбивалась на квадраты по километровой сетке карты, для каждого из них проводились вычисления площадей выделов с учетом изменения характеристик леса (высота, диаметр ствола, расстояния между деревьями). Максимальные изменения приурочены к районам осушения болот (в результате посадки сосны площадь леса увеличилась на 38%). Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Коэффициенты изменяемости растительного покрова

Районы	I	II	III	IV	V
$\gamma_p$	0,39	0,19	0,14	0,17	0,31

Исследование изменяемости населенных пунктов позволило сделать вывод о стабильности малых населенных пунктов в районе, расположенном на заболоченных и заозеренных участках. Вычисления  $\gamma_{\text{нп}}$  проводились с учетом густоты сельских поселений (городов на территории исследования не было) и числа жителей в них (табл.3).

Дорожная сеть. Максимальные значения  $\gamma_{\text{дс}}$  приурочены к районам, где прокладывались новые улучшенные грунтовые дороги. В других районах сеть дорог стабильна по протяженности и густоте. Дорожная сеть вообще наиболее устойчива по сравнению с другими природными и соци-

ально-экономическими элементами местности: даже при уничтожении населённых пунктов дороги остаются на своих местах (см. табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты изменчивости населенных пунктов и дорожной сети

Районы	I	II	III	IV	V
$\gamma_{\text{нп}}$	0,14	0,76	0,94	0,82	0,51
$\gamma_{\text{дс}}$	4	0,005	0,004.	0,030	0,012

Суммированное значение  $\gamma$  для каждого района определялось как среднее арифметическое из значений всех изученных элементов местности. В результате вычислений получены значения  $\gamma$ , приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Суммарные значения коэффициентов изменчивости

Районы	I	II	III	IV	V
$\gamma_{\Sigma}$	1,19	0,33	0,43	0,38	0,34

На основании полученных результатов составлена карта динамики местности (фрагмент ее приведен на рис. 1), которая дает возможность выявить наиболее динамичные и наиболее устойчивые участки местности. В качестве фона на карте использован коэффициент изменчивости растительного покрова. Для рек и дорог – способ линейных знаков, для населенных пунктов – значковый способ передачи информации.

Полученные результаты могут быть экстраполированы на районы, однотипные с исследуемыми по географическим и экономическим условиям, но на которые не приведены картографические материалы. *Метод экстраполяции* – один из широко применяемых методов прогнозирования и оценки экологической ситуации территории.

В качестве вывода следует отметить, что карта является достоверным источником информации, необходимой для изучения экологических условий территории. Особую ценность представляют топографические карты. Однако при оценке экологической ситуации и при экологическом прогнозировании необходимо привлечение других источников информации.



Рис. 1. Фрагмент карты динамики.  
Подписи изолиний соответствуют значениям  $\gamma$



**Литература:**

1. *Берлянт А.М.* Картография: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
2. *Берлянт А.М.* Образ пространства. Карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
3. *Дьяконов К.Н., Дончева А.В.* Экологическое проектирование и экспертиза: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 384 с.
4. *Колосова Н.Н.* Динамика речной сети как фактор, влияющий на сроки обновления топографических карт. // Вестник ЛГУ. 1975. № 6, геол. и геогр.
5. *Колосова Н.Н.* Использование карт и атласов при изучении географии в школе//География в школе, 2009, № 1,2.
6. *Колосова Н.Н., Чурилова Е.А., Кузьмина Н.А.* Картография с основами топографии: учебн. пособие для вузов – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2010. – 272 с.
7. *Чурилова Е.А., Колосова Н.Н.* Картография с основами топографии. Практикум: учебн. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2010. – 126 с.