

УДК 574+551.477(75)

В.О. Смирнов

**Алгоритмизация выделения
местоположений и расчета ландшафтно-
геофизических параметров на различных
пространственных уровнях как элемент
диагностики в исследовании ландшафтов¹**

Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития, Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
e-mail: svo.84@mail.ru

Аннотация. В статье обоснованы подходы к алгоритмизации расчета ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях как элемент диагностики в исследовании ландшафтов при помощи геотопологического подхода. Приведены основы разработки алгоритма расчета показателей тепла и влаги на основе использования ГИС-технологий. Работа позволяет детализировать причинно-следственные связи в функционировании и дифференциации природных комплексов и формировании полей и потоков вещества и энергии в них.

Ключевые слова: алгоритм, диагностика, местоположение, ландшафтно-геофизические параметры, геотопологический подход.

Введение

На современном этапе ландшафтных геотопологических исследований, нахождение и апробация методов объективного выявления геотопологической структуры территории на различных пространственных уровнях с целью расчета ландшафтно-геофизических параметров, является важным элементом диагностики ландшафтов.

Разработка алгоритма расчета показателей тепла и влаги на основе использования ГИС-технологий, на основе использования материалов сетевых гидрометеорологических наблюдений, опубликованных тематических карт, материалов справочников и расчетных методов, позволяет сделать данную процедуру более объективной.

¹ Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта базовой части государственного задания в сфере научной деятельности «Разработка информационно-методического обеспечения постоянно обновляемой диагностической модели устойчивого ноосферного развития Крымского региона», выполняемого Научно-образовательным центром ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» (№ гос. регистрации: 115052150083)

Разработка методики использования ландшафтного геотопологического анализа для развертки данных (пространственной и временной интерполяции и экстраполяции) редких постов наблюдений за метеорологическими и гидрологическими показателями и наблюдений за загрязнением природных сред имеет также важное значение.

Цель работы: выявление возможностей алгоритмизации выделения местоположений и расчета ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях как элемент диагностики в исследовании ландшафтов.

Результаты и обсуждение

Вопрос о выделении геотопов в пределах территории Крыма, как в методическом, так и в практическом аспектах, неоднократно поднимался учеными [1-5].

В результате реализации научно-исследовательской работы в рамках изучения условий функционирования лесов Горного Крыма были построены модели геотопических условий на основе цифровых моделей рельефа, найден алгоритм расчета составляющих радиационного, теплового и водного режима на разных пространственных уровнях (микрорегиональном, макролокальном и локальном), разработана и апробирована методика автоматического выделения экотопов с помощью ГИС-технологий.

Выявлен матричный характер ландшафтных взаимодействий, связанный с цепными реакциями, запаздыванием реакций на воздействия, наличием информационных взаимодействий, межуровневыми взаимодействиями, относительным характером пространственной иерархией ландшафтных систем. Ландшафтные системы представляют собой статистические ансамбли состояний, в которых важное место занимает пространственная и временная некоммутативность состояний.

Эти возникающие целостности имеют разные характерные времена. В результате, каждый ландшафтный участок характеризуется своим набором состояний и ситуаций. Такой характер пространственных и временных взаимодействий создает предпосылки для роста стихийных процессов, обусловленных усилением внешних воздействий в результате цепных реакций в самих ландшафтах (паводков, селей, заморозков и др.).

Перечислим основные переносы вещества и энергии, которые трансформируются экспозиционными плоскостями, и рассмотрим в формализованном виде роль геотопологических параметров на преобразование каждого из потоков в алгоритмизированном виде:

1. Движение воздушных масс (в циклонах, антициклонах, муссонах и т.д.). Они реагируют на формы рельефа высотой в первые сотни метров и более. На наветренных склонах имеет место увеличение атмосферных осадков, на подветренных – уменьшение. Эти различия возрастают с ростом высоты поднятий (примеры ряда: Уральские горы – Кавказ – Анды). Различия в атмосферных осадках определяют различия в скорости разложения загрязнений (чем выше увлажнение, тем интенсивнее идут процессы разложения, в скорости выноса загрязнений за пределы ландшафта).

2. Перенос воздуха при местных циркуляциях атмосферы. Здесь также возникают разнообразные эффекты, связанные с наветренными и подветренными склонами и т.д. Бризы, например, способствуют уменьшению количества конвективных осадков.

$$\begin{aligned} U &= f(G) \\ G &= f(H + \alpha) \end{aligned} \quad (1),$$

где U – циркуляция воздушных масс в глобальной или местной системе циркуляции;

G – геотопологические факторы;

H – высота местности;

α – экспозиция склона (азимут склона).

3. Поток прямой солнечной радиации. На глобальном и региональном уровнях его дифференциация связана с географической широтой. От нее функционально зависит поле заатмосферной солнечной радиации и сила Кориолиса. Распределение солнечной радиации у земной поверхности зависит не только от широты, но и от облачности, влажности воздуха, прозрачности атмосферы. На мезо- и микроуровне распределение солнечной радиации сильно дифференцируется благодаря крутизне и экспозиции склонов. Наряду с этим имеет значение затененность склона соседними склонами.

Рассеянная радиация и эффективное излучение также зависят от крутизны и экспозиции склонов.

Различия в величине солнечной радиации и радиационного баланса, в целом, имеют следующий экологический смысл: от величины радиационной энергии зависит скорость разложения загрязнений.

4. Поток рассеянной радиации. Она максимальна на горизонтальной поверхности и уменьшается на склонах, поскольку, чем круче склон, тем с меньшей части небосвода попадают на него рассеянные лучи.

$$\begin{aligned} Q_r, S_r, D_r &= f(\phi) + f(p) + f(o) + f(G), \\ G &= f(\gamma + \alpha) \end{aligned} \quad (2)$$

где Q_r, S_r, D_r – суммарная, прямая и рассеянная радиация на глобальном и региональном уровне;

ϕ – широта места наблюдения;

p – прозрачность атмосферы;

o – облачность.

$$Q_b, S_b, D_b = f(G), \quad (3)$$

где Q_b, S_b, D_b – суммарная, прямая и рассеянная радиация на локальном уровне;

G – геотопологические параметры.

5. Поток излучения земной поверхности. Он максимален с горизонтальной поверхности и минимален со склона, однако существенно зависит от альbedo подстилающей поверхности.

$$P = f(Q) + f(G) + f(A), \quad (4)$$

$$G = f(\gamma)$$

где P – излучение земной поверхности;

A – альbedo земной поверхности.

6. Вертикальные жидкие атмосферные осадки. Они чаще всего падают под некоторым углом к горизонтальной поверхности, смещаясь под действием ветра, поэтому их величина несколько выше на наветренных склонах и ниже на подветренных на 5–7% по сравнению с горизонтальной поверхностью.

$$X_v = f(U) + f(G) = f(U) + (f(H) + f(\gamma + \alpha)), \quad (5)$$

где X_v – вертикальные атмосферные осадки,

γ – крутизна склона,;

α – азимут склона;

H – высота местности;

U – характер атмосферной циркуляции.

7. Горизонтальные атмосферные осадки.

$$\begin{aligned} X_g &= f(U) + f(G), \\ G &= f(\gamma + \alpha) \end{aligned} \quad (6)$$

где X_g – горизонтальные атмосферные осадки.

8. Поверхностный сток. Склоновое движение воды. Дифференциация, связанная с этим процессом, проявляется на локальных уровнях, обычно в пределах между ближайшими эрозионными врезами. Перенос минерального вещества вместе с поверхностным стоком.

$$\begin{aligned} Fm &= f(G) + f(Hol) + f(a_p) + f(r), \\ G &= f(\gamma + Hp + rg + rv) \end{aligned} \quad (7)$$

где Fm – поверхностный сток;

Hol – мощность подстилки;

a_p – способность почвы впитывать влагу (зависит от морфологических свойств почв и их влажности);

r – задержание осадков растительным покровом, распределение осадков на осадки, дающие и не дающие сток;

Hp – положение геотопа в гипсометрическом профиле;

rg – горизонтальная кривизна рельефа;

rv – вертикальная кривизна рельефа.

9. Подземный сток.

$$\begin{aligned} Fp &= f(G) + f(M) \\ G &= f(\gamma + Hp + rg + rv) \end{aligned} \quad (8)$$

где Fp – подземный сток;

M – гидрологические свойства грунтов.

10. Русловой сток. Перенос минерального вещества вместе с русловым стоком.

$$\begin{aligned} Fl &= f(G) + f(N), \\ G &= f(\gamma + Hp) \end{aligned} \quad (9)$$

где Fl – русловой сток;

N – гидрологические параметры, такие как площадь водосбора, морфометрические параметры русла, гидродинамические свойства водного потока.

11. Перенос снега при метелях. Процесс дифференциации эффективен на локальных уровнях, поскольку снегоперенос заканчивается в любом сколько-нибудь глубоком эрозионном врезе (овраг, балка, лог).

$$S = f(G) = G = f(\gamma + \alpha + Hp + rg + rv), \quad (10)$$

где S – перенос снега при метелях.

Рассматривая все приведенные формализованные зависимости, отметим, что каждый из потоков, не полностью определяется геотопологической дифференциацией территории. Ниже графически отображена ориентировочная полуколичественная оценка зависимости дифференцирующей роли геотопологических параметров для каждого из потоков (рис. 1).

Влияние геотопологических факторов на дифференциацию рассматриваемых потоков находится в широких пределах. При этом, ряд потоков находится под «прямым контролем» геотопологических параметров, выступающих ведущим и единственным для них дифференцирующим фактором (например, дифференциация потоков прямой радиации на локальном уровне). Ряд потоков, например дифференциация солнечной радиации на региональном уровне, слабо зависит от геотопологических параметров, в связи с более сильным влиянием других факторов.

	%	
Влияние других факторов	0	
	10	
	20	$Q_r, S_r, D_r = f(\phi) + f(p) + f(o) + f(G)$
Умеренное влияние геотопов		$F_r = f(G) + f(Hol) + f(a_p) + f(r)$
	30	$P = f(Q) + f(G) + f(A)$
	40	
Высокое влияние геотопов	50	$X_g = f(U) + f(G)$
		$F_p = f(G) + f(M)$
		$Fl = f(G) + f(N)$
		$X_v = f(U) + f(G)$
	60	
	70	
	80	
	90	
Полное влияние геотопов	100	$S = f(G)$
		$U = f(G)$
		$Q_1, S_1, D_1 = f(G)$

Рис. 1. Оценка влияния геотопологических факторов на дифференциацию потоков вещества и энергии

Практически все потоки в своей пространственной дифференциации, зависят не только от геотопологических параметров, что свидетельствует о том,

что геотопологическая структура территории на всех пространственных уровнях выступает в качестве «исходящего» фактора, влияние которого дополняется и изменяется другими факторами.

Возможным является выделение основ алгоритмизации расчета ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях как элемент диагностики в исследовании ландшафтов на основе местоположений:

1. Место, местоположение:

- в условной системе координат – мало интересны: в основном для привязки и поиска;

- в параметрической системе координат: интересны в причинно-следственном анализе, когда реальные координаты смазываются;

- позиционная система координат – причинно-следственный анализ связывается с реальным пространством, с позицией. Как вариант позиция относительно поля или потока, но они в конечном итоге связаны с объектом.

2. Часто с местоположением связано понятие геотоп:

- элементарное в каждом пространственном масштабе место (элементарная операционная единица) – см. пункт 3. Элементарное место. Однообразно (единообразно) реагирует на внешнее воздействие (поток и др.).

- элементарная (неделимая по определенным критериям, по заданным критериям) система, например элементарный ландшафт, ландшафтная фация. Элементарный ландшафт – топ. Элементарный ландшафт (топ) получается как суперпозиция множества явлений (операционная единица), причем роль элементарных мест весьма велика (но не является определяющей). Элементарное место – это такой участок, который воспринимает внешние воздействия однотипно. Такое однотипное восприятие не означает, что здесь будет формироваться однотипная система, поскольку каждая точка подвергается воздействию многих потоков. Наложение разномасштабных местоположений приводит к формированию множества вариантов комплексных местоположений.

3. Как связаны местоположения и геотопы? Геотоп – элементарное место, которое является исходным элементом для возникновения местоположений. Геотоп – место, сопряженный с потоком, образует местоположение.

4. Как выделяется геотоп (морфотоп)?

Из-за расплывчатости потоков (их смещения в течение суток и года) лучше всего использовать небольшие ячейки, еще различимые в соответствующем масштабе. Но в этом случае плохо работает типизация, число ячеек очень велико, отчего теряется возможность устанавливать зависимости и связи. Поэтому элементарные ячейки объединяют в классы (типизация) или в участки (единые контуры типа районирования). Два подхода:

1) укрупнение (типизация или районирование) производят после подсчета радиации;

2) укрупняют ячейки перед расчетом радиации. Ячейки получают путем выделения градаций крутизны и экспозиции. Подсчет радиации в этом случае ведется для среднего значения крутизны и экспозиции выделенного контура.

5. Чем выступает место? Внешний фактор? Индикатор? Следует поставить вопрос: для чего – потока, ландшафта?

По отношению к потоку местоположение выступает некой элементарной единицей, однотипно реагирующей на него.

По отношению к ландшафту местоположение может быть, во-первых, фактором, причиной, определяющим некоторые свойства ландшафта, во-вторых, составляющей ландшафта, то есть в этом случае местоположение является элементом ландшафта.

6. Местоположение не всегда может быть отделено от ландшафта, поскольку часто в создании потока участвует ландшафт. В этом случае ландшафт и поток взаимодействуют, следовательно, причинно-следственная связь строится во времени при наличии взаимодействия. Если же имеет место одностороннее воздействие места (потока) на ландшафт, то имеет место одностороннее причинно-следственное отношение, но отдельные элементарные события этого воздействия складываются.

7. Местоположения выделяются на разных пространственных масштабах.

Выявлены механизмы связи геотопических факторов с ландшафтными свойствами, роль геотопов в преобразовании потоков вещества и энергии на разных пространственных уровнях Горного Крыма. Для каждого потока выявлены пределы проявления его дифференцирующих свойств.

8. Каждому потоку (полю) соответствует своя система мест, местоположений, ибо распределение каждого явления (характеристики, потока) разной субстанции по земной поверхности идет по своим законам. Речь идет о воздухе, радиации, воды, снега и т.д.

Потоки образуют спектр: от полностью (или почти полностью) независимых от ландшафта (поток прямой радиации) до сильно зависимых (поверхностный сток и др.).

В первом случае поток почти полностью определяется местоположением (само местоположение не является). Каждый поток проявляется на определенном спектре пространственных уровней: Радиация – больше всего на локальном, движение воздушных масс – на уровне крупных хребтов или на равнине в сотни и тысячи километров.

9. Какова роль морфотопов при формировании местоположений. Они выделяются на основе структурных линий и контролируют движения потоков воды по поверхности (конвергенция, дивергенция, преграды). Движение снега при метелях также зависит от этих линий, но не менее сильное влияние на перенос снега оказывает растительность. Воздух также реагирует на эти структурные линии. Радиация не реагирует. Есть ли топы для радиации? Нет, поскольку в течение дня и года идет постоянное смещение полей распределения радиации.

10. Группы потоков формируются по сходству механизмов и взаимодействию с деятельной поверхностью: гравитационная, циркуляционная и радиационная (вместо инсоляционной).

Типы циркуляционных местоположений следующие: наветренные подветренные: на крупных уровнях увеличение атмосферных осадков на наветренных, уменьшение – на подветренных, на небольших уровнях увеличение скорости ветра на наветренных, уменьшение – на подветренных. Блокировка воздушных масс, задержание холодных или теплых воздушных масс.

12. Местоположения, формирующиеся под воздействием вторичных факторов:

- затенение ближайших склонов, более удаленных, далеких.

- эффекты переотражения воздушных потоков рядом расположенными формами рельефа.

Выводы

Учет характера структуры ландшафта позволил разработать алгоритм расчета ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях. Выявлены особенности расчетов показателей тепла и влаги при разных пространственных уровнях геотопов. Дополнена методика расчета показателей тепла и влаги с учетом геотопологических параметров.

Работа позволяет детализировать причинно-следственные связи в функционировании и дифференциации природных комплексов и формировании полей и потоков вещества и энергии в них.

Среди прикладных задач, при решении которых могут использоваться результаты данного исследования, можно выделить следующие: разномасштабное картографирование компонентов ландшафтных комплексов и ландшафтно-геофизических потоков в их пределах, и их индикация для целей территориального планирования, управления, научно-исследовательской деятельности. Полученные данные позволяют улучшить мониторинг и прогноз природных экосистем, организацию системы пунктов наблюдения для целей экологического мониторинга, охрану биологического и ландшафтного разнообразия. Результаты исследования могут быть использованы для развития методов дистанционного исследования земной поверхности и ландшафтно-геофизических потоков.

Литература

1. Боков В.А., Соцкова Л.М., Першина Е.Д., Смирнов В.О., Глущенко И.В., Сирик В.Ф., Парубец О.В., Горбунов Р.В. Трансформация структуры водного баланса Крыма в XX – начале XXI века и пути ее оптимизации. Симферополь: Доля, 2011. 178 с.
2. Боков В.А. Проблемы оценки увлажнения ландшафтов // Ученые записки ТНУ. Т. 23 (62), 2009. С. 49-52.
3. Боков В.А., Смирнов В.О. Роль местоположений в ландшафтном анализе: новый аспект // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2010. С. 136-148.
4. Боков В.А., Горбунов Р.В. Климатическая диссимметрия склоновых локальных ландшафтных комплексов Горного Крыма // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2011. С. 3-14.
5. Боков В.А., Черванев И.Г. Модели пространства и времени геосистем // Пространство и время – система координат развития человечества. Лондон-Киев, 2011. С. 109-112.

V.O. Smirnov

Algorithmization of allocation of locations and calculation of landscape and geophysical parameters at various spatial levels as diagnostics element in research of landscapes

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Research and Education Center Noospherology and Sustainable Noospheric Development, Taurida Academy, Simferopol, Russian Federation
e-mail: svo.84@mail.ru

Abstract. *In article approaches to algorithmization of calculation of landscape and geophysical parameters at various spatial levels as diagnostics element in research of landscapes by means of geotopological approach are proved. Bases of development of algorithm of calculation of indicators of heat and moisture on the basis of use of GIS-technologies are given. Work allows to detail relationships of cause and effect in functioning and differentiation of natural complexes and formation of fields and streams of substance and energy in them.*

The accounting of character of structure of a landscape allowed to develop algorithm of calculation of landscape and geophysical parameters at various spatial levels. Features of calculations of indicators of heat and moisture at different spatial levels of geotops are revealed. The method of calculation of indicators of heat and moisture taking into account geotopological parameters is added.

Work allows to detail relationships of cause and effect in functioning and differentiation of natural complexes and formation of fields and streams of substance and energy in them.

Among applied tasks at which decision results of this research can be used, it is possible to allocate the following: multi-scale mapping of components of landscape complexes and landscape and geophysical streams in their limits, and their indication for territorial planning, management, research activity. The obtained data allow to improve monitoring and the forecast of natural ecosystems, the organization of system of points of supervision for environmental monitoring, protection of a biological and landscape diversity. Results of research can be used for development of methods of remote research of a terrestrial surface and landscape and geophysical streams.

Keywords: *algorithm, diagnostics, location, landscape and geophysical parameters, geotopological approach.*

References

1. Bokov V.A., Sockova L.M., Pershina E.D., Smirnov V.O., Glushhenko I.V., Sirik V.F., Parubec O.V., Gorbunov R.V. Transformacija struktury vodnogo balansa Kryma v HH – nachale XXI veka i puti ee optimizacii. Simferopol': Dolja, 2011. 178 s.
2. Bokov V.A. Problemy ocenki uvlazhnenija landshaftov // Uchenye zapiski TNU. T. 23 (62), 2009. S. 49-52.

3. Bokov V.A., Smirnov V.O. Rol' mestopolozenij v landshaftnom analize: novyj aspekt // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. 2010. S. 136-148.
4. Bokov V.A., Gorbunov R.V. Klimaticheskaja dissimetrija sklonovyh lokal'nyh landshaftnyh kompleksov Gornogo Kryma // Uchjonye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. 2011. S. 3-14.
5. Bokov V.A., Chervanev I.G. Modeli prostranstva i vremeni geosistem // Prostranstvo i vremja – sistema koordinat razvitija chelovechestva. London-Kiev, 2011. S. 109-112.

Поступила в редакцию 14.08.2015 г.