

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

**Геопространственные системы:
структура, динамика, взаимосвязи**

Доклады XII съезда РГО
(Кронштадт, 2005)

Санкт-Петербург
2005

2164-2-05

УДК
P-895
н.ф.

К 911.2

Геопространственные системы: структура, динамика, взаимосвязи //
Труды XII съезда Русского географического общества Т. 2. - СПб., 2005. -
с.

ИН 5-88749-056-X

Сборник включает научные труды к XII съезду Русского географического общества, посвященные проблемам организации и взаимодействия природных и общественных пространственных систем географической оболочки Земли. Материалы сгруппированы по двум делам: принципы и методы изучения географических систем; геогеография и геоморфология.

Публикуемые доклады будут полезны географам и другим специалистам в области наук о Земле.

Ответственные редакторы: д.г.н. А.Г. Исаченко, д.г.н. К.В. Чистяков

2164-2-05

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
МГУ

Издано при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований

Печатается по решению Президиума
Русского географического общества

ИН 5-88749-056-X

О Русское географическое общество, 2005

Часть I. Принципы и методы изучения географических систем

А.Г. Исаченко
(Санкт-Петербург)

Исследования взаимодействия природных и общественных территориальных систем как генеральная задача географической науки

При всех различных взглядах на сущность географии, на ее предмет и задачи в сфере интересов этой науки всегда существовало, а подчас и главное место занимали вопросы взаимодействия между человеком и его природной средой. Это обстоятельство в той или иной форме, прямо или косвенно отразилось в большинстве определений географии. География накопила обширный эмпирический материал и сформулировала ряд теоретических обобщений в этой сфере. Однако, как известно, к указанной проблеме имеют отношение и многие другие науки, не говоря уже о философии, и географы не вправе претендовать здесь на монопольное положение. В связи с этим для географии настало время четко определить свои задачи в решении общественной проблемы взаимодействия природы и общества. Исходя из специфики и современного состояния нашей науки ее генеральная научная задача может быть определена как исследование взаимодействия между природными и общественными территориальными системами (ПТС и ОТС).

Исторически сложившаяся разделение функций по изучению территориальных систем между физико-географическими и общественно-географическими науками вполне соответствует объективному наличию двух классов территориальных систем. Однако по мере развития системного подхода в обеих отраслях географии становилась все более насущной необходимость преодоления разрыва в исследованиях ПТС и ОТС. Такая необходимость диктуется не только многосторонними взаимосвязями между системами обоих классов, но и критической ситуацией, возникшей во взаимоотношениях между человечеством и средой его обитания в глобальных масштабах. Надо признать, что физико-географы раньше и активнее, чем экономико-географы, стали преодолевать взаимный изоляционизм.

В отечественной географии существует давняя традиция изучения природных территориальных систем, или комплексов (ПТК). Если принять в качестве одной из возможных точек отсчета появления в 1913 г. первой работы Л. С. Берга о ландшафтах, то уже недалеко до столетия ландшафтоведения. Теоретически основы этого учения, его различные аспекты и направления изложены в ряде монографий и учебников.

Общественная география в разработке системных представлений отстает от физической, что вынуждены были признать и ее авторитетные пред-

¹ Недостаток места не позволяет отгласиться на обсуждение терминологических вопросов. Замечу лишь, что эпитет *территориальный* в широком смысле слова содержит в себе указание на приуроченность к земной поверхности, включая и поверхность Мирового океана.

ский, смешанный, азальный), его интенсивности и объему массопереноса; 3) по режиму воздействия (постоянное, сезонно-периодическое, эпизодическое); 4) по соотношению фаз процессов в пространстве и степени «открытости» геосистем, которая определяет дальность переноса вещества и приуроченность зон аккумуляции, а «открытым» отнесется, например, флювиально-ветровые геосистемы, обеспечивающие латеральные связи на региональном уровне; 5) по площади воздействия и эффекту катастрофического проявления (подвижки пульсирующих ледников, прорывы подпруданных ледниковых озер и др.); 6) по внутренней морфологической структуре зон мобилизации, транспорта и аккумуляции вещества. Они выделяются по ландшафтному рисунку (симметричному или несимметричному; веерному, полосчатому, мозаичному и др.) и соседству разновозрастных природных комплексов, что отражает полиструктурность и метакронность ландшафтов, пространственно-временная организация которых формируется при участии векторных геосистем. Например, веерный рисунок индицирует зоны аккумуляции лавинных и селевых потоков, их дробление у подножья склонов, разновременность и периодичность проявления. В перигляциальной зоне горно-долинных ледников дугообразный рисунок стадильных конечных морен сочетается с линейно ориентированными разновозрастными боковыми моренами.

В целом, роль нуклеарных и векторных геосистем во внутренней организации горных регионов проявляется в двух аспектах: структурно-функциональном и функционально-динамическом. На разных иерархических уровнях их функционирование оказывает влияние на изменение ландшафтного разнообразия, обеспечивает полиструктурность и метакронность горных ландшафтов, связи между ними и тренды их современного развития.

*А.В. Харошев
(Москва)*

Влияние лавинного и селевого факторов на структуру межкомпонентных связей высокогорного ландшафта

Общепризнанным фактом является большая сложность и мозаичность горных ландшафтов по сравнению с равнинными. Если на равнинах в основу выделения ландшафтных единиц кладется геолого-геоморфологический фактор, то в горах этого оказывается недостаточно, что отражается в множественности и слабости сопоставимости классификационных построений для горных ландшафтов (Черных, Булатов, 2002). Фундаментальные задачи горного ландшафтоведения - выявление взаимосвязей между компонентами ландшафта, предсказание возможных состояний одного компонента по свойствам других компонентов, выявление степени жесткости вертикальной структуры, что создает основу для прогнозирования реакции ландшафтов на внешние воздействия, возможности их восстановления после нарушений, расчета допустимых антропогенных нагрузок (Авессаломова и др., 2002). Горный ландшафт представляет собой суперпозицию множества парциальных структур, каждая из которых вносит свой вклад в пространственную дифферен-

тельно устойчивые геосистемы, в организации которых главную роль играют радиальные связи и процессы, связанные с биологическим круговоротом; в них наиболее ярко отражены зональные черты, присущие ландшафтам различных высотных поясов. Вторая группа включает геосистемы с векторной структурой, которые по В.Н.Солцеву ориентированы вдоль линий тока. Они являются важным механизмом, обеспечивающим дальность передачи в пространстве импульса воздействия ядра. В зависимости от характера воздействия и соотношения потоков усложняется структура географических полей.

По периферии географических полей формируются экотонные комплексы; в контактных регионах с равнинными ландшафтами происходит некая трансформация зональных комплексов и выражена она тем ярче, чем выше импульс воздействия ядра. В ряде регионов латеральные потоки соседних ядер «гасят» воздействия друг на друга, резко сокращая зону своего проявления.

В пределах контактных зон географических полей отмечается резкая смена характера латеральных потоков с господством среди них флювиально-го и большая роль во взаимодействии между нуклеарными системами принадлежит долинам рек, представляющих собой своеобразный тип векторных структур. По ним происходит «транспортировка» воздушных масс (стоковые ветры), водных потоков, перенос твердого и растворенного вещества, проликование отдельных видов флоры и фауны из сопредельных регионов. Например, из Монгольского нуклеара по долине р.Чуи элементы полупустынь продвигаются далеко на север от границ своего типичного распространения. В то же время и ядра могут испытывать влияние со стороны окружающих полей. Так, по направлению к центру Алтайского ядра по речным долинам проникают западно-сибирские и казахстанские виды растений и животных.

В каскадных векторных геосистемах основная системообразующая роль принадлежит однонаправленным линейным абiotическим потокам, а целостность обеспечивается сильными латеральными связями между зонами мобилизации, транзита и аккумуляции вещества. Участие многообразных векторных геосистем в структурно-функциональной организации горных стран проявляется на разных иерархических уровнях: 1) внутриландшафтном, когда абiotические потоки зарождаются, действуют и затухают в пределах одного ландшафта; 2) межландшафтном, если сфера их воздействия захватывает несколько высотных зон; 3) региональном, где они обеспечивают парадинамическое сопряжение ландшафтов гор и прилегающих равнин. Их общим свойством является сочетание агрессивности и созидательности, что увеличивает динамичность горных ландшафтов и нарушает их устойчивость.

Особенности строения и функционирования определяют активность векторных геосистем. Они различаются: 1) по генезису и ведущему процессу, определяющему их возникновение (гляциальные, лавинные, селевые, обвално-осыпные, пролювиальные, флювиальные); 2) по характеру вещественного состава основного системообразующего потока (водный, механиче-

- на основе метода многомерного шкалирования выделено ограниченное количество виртуальных независимых друг от друга факторов, с достаточно высокой точностью описывающих вариабельность исходных данных. Каждый из факторов описывает сходство поведения большого набора видов и почвенных свойств в разных экологических координатах. В исследовании проверялась следующая нулевая гипотеза: свойства мобильных компонентов жёстко детерминированы геолого-геоморфологическими факторами; каждое фиксированное состояние литогенной основы обуславливает непересекающуюся с другими её состояниями сочетание свойств почв и растительности. Метод дискриминантного анализа применялся для расчёта доли корректно классифицированных наблюдений, т.е. процента описанных элементарных ландшафтов, которые по свойствам мобильных компонентов точно распределяются по заданным классам состояний литогенной основы. Проведено сравнение детерминирующей роли следующих факторов, выступавших в качестве группирующих переменных, крутизна склона, форма мезорельефа, степень каменности субстрата, гранулометрический состав грубообломочных отложений, а также интенсивность лавинной деятельности. В качестве зависимых переменных использованы значения виртуальных факторов, описывающих видовой состав травяного и древесно-кустарникового ярусов, набор и мощность почвенных горизонтов, а для селевого конуса также степень развития мохово-лишайникового покрова. Высокая корректность классификации может свидетельствовать о жёсткой детерминированности отношений между литогенной основой и мобильными компонентами. Низкая корректность может иметь разные объяснения: действительно слабая связь между компонентами ландшафта, некорректный масштаб описания отношений (недостаточное или избыточное число классов), неправомочность дискретного представления состояний литогенной основы. В качестве альтернативного метода расчёта тесноты межкомпонентных отношений применён множественный регрессионный анализ, использующий континуальное представление данных.

Наличие массивов данных, собранных в зонах воздействия селей и лавин, позволяет сравнить жёсткость связей растительности и почв с условиями рельефа и отложений в первом случае при регулярном обновлении литогенной основы, а во втором - при относительной её неизменности, но регулярном возникновении стресса для растительности.

Основной задачей при изучении ландшафта берёзовых криволинейных верного склона было сопоставление вкладов факторов рельефа, отложений и интенсивности лавинной деятельности в вариабельность свойств мобильных компонентов. Растительный покров склона мозаичен и представляет собой пёстрое сочетание луговых, редколесных и лесных сообществ, соотношение которых отражает интенсивность проявления лавинной деятельности. Для древесно-кустарникового яруса наиболее существенный вклад в вариабельность свойств вносит принадлежность к той или иной форме мезорельефа (прямой склон, гребень, склон гребня, ложбина), что означает реакцию на

ию ландшафта (Солнцев, 1997). Например, в поясе берёзового криволинейного склона Кавказа, может встречаться парадоксальное, на первый взгляд, сочетание видов трав. Наличие в травостое колпачника кавказского и лавки нивальной объясняется заносом семян из альпийского пояса лавкой деятельности, кислица обыкновенной и черника - микроклиматом склона деревьев, а чабреца холмового и молодилла кавказского - скоплениями грубообломочных отложений. Подобный видовой состав травостоев является элементарной полиструктурностью ландшафта, т.е. з этом случае является реализацией полиструктурности ландшафта, т.е. Статистические методы позволяют разделить вклады каждой из парциальных структур в вариабельность свойств ландшафта (Коломыц, 1984; Рава, 1985; Авессаломова и др., 2002). Если эти структуры независимы, то вклады в объяснение пространственной вариабельности свойств ландшафта будут суммироваться, учёт каждого нового фактора будет уменьшать риск в предсказании свойств одного компонента свойствами других. Если факторы существуют взаимозависимостью парциальных структур, то фактор будет дублироваться, а существенного приращения объяснённой вариабельности не произойдёт.

Исследования структуры межкомпонентных связей горных ландшафтов проводились на Центральном Кавказе в высокогорной части бассейна Каспия на абсолютных высотах 2300-2600 м. Были заложены по два параллельных профиля в трёх видах ландшафтов:

- 1) коренной склон северной экспозиции с берёзовым криволинейным селевым участком разной частоты проявления и разной интенсивности лавинной деятельности (50 описаний);
- 2) селевого конуса с сосновым лесом (50 описаний);
- 3) коренной склон южной экспозиции с субальпийским лугом вне зоны лавинной деятельности (100 описаний).

Предметом исследования была структура межкомпонентных связей ландшафтов в условиях активных эсодинамических процессов. Решались следующие задачи, а) разделение вкладов ведущих факторов пространственной дифференциации; б) сравнение жёсткости вертикальной структуры при наборе эсодинамических процессов; в) проверка гипотезы о существовании относительно независимых парциальных ландшафтных структур. На этой точке произведено описание морфологии рельефа, состава почвообразующих отложений, морфологических свойств почв, видовой состава и количественных показателей ярусов фитоценоза. Перечень показателей дан в таблице с учётом специфики ландшафта: для селевого конуса расширен набор морфометрических показателей рельефа, для лавинных криволинейных - на характеристиках древесного (включая описание многоствольности, наклона зрмы стволов и т.п.).

Для уменьшения размерности системы показателей на основе множественного анализа размерности систем - видовой состава фитоценозов и почв

ражённость радиальных и латеральных потоков вещества, возможность опления избыточной влаги. В 53 % элементарных ландшафтов свойства го яруса достоверно различаются между заданными 4 классами рельефа. Травяной яруса дифференциация зависит в наибольшей степени от кативной крутизны склона, т.е. от соотношения выноса и аккумуляции вещества ровня поступления солнечной радиации (63 % элементарных ландшафтов). Вклады интенсивности лавинной деятельности и гранулометрического гава поверхностных отложений в варьирование состава травяного яруса еес значимы. Морфологические свойства почв в наибольшей степени созуются с гранулометрическим составом поверхностных отложений (65 %) эстаточнo слабо - с крутизной склона, типами мезорельефа, интенсивно-о лавинной деятельности. Это отражает зависимость потенциала развития венного профиля прежде всего от наличия доступного мелкозёма. Общая зномерность для разных ярусов фитоценозов и почв - ослабление жёстко-связей с факторами рельефа и состава отложений, а также возрастание ивнисиности почв и растительности друг от друга при увеличении интен-ности лавинной деятельности. На участках со слабым развитием древо-и на прямых склонах и в ложбинах-лотках, что свидетельствует о ежегод-сходе лавин, связи с рельефом и отложениями расширяются. Это про-эдит за счёт появления множества свойств, связанных с привносом веще-и лавинами из альпийского и субальпийского поясов и не связанных с венно-геоморфологическими условиями. Так, доля вариабельности почв, савная уравнением линейной регрессионной зависимости от виртуальных торов дифференциации древесно-кустарникового и травяного ярусов, на тках, слабо подверженных лавинному воздействию, возрастает почти в 2 ; по сравнению с зонами ежегодного воздействия лавин. Наиболее важ-и фактором дифференциации для всей совокупности свойств почв и рас-ельности оказался гранулометрический состав поверхностных отложений % корректно классифицированных элементарных ландшафтов), вторым начимости - интенсивность лавинной деятельности (69 %), третьим - кру-на склона (67 %).

Для ландшафта разновозрастного селового конуса с сосновым лесом на ных стадиях восстановления ведущая роль в пространственной организа-почвенно-растительности покрова принадлежит фактору поверхностной и иинной каменности. Морфометрические свойства рельефа (ширина, и хительные превышения гряд и ложбин) играют второстепенную роль. и совокупность характеристик почв, древесного, травяного, мохово-айникового ярусов распределяется дискриминантным анализом между 4 сами рельефа корректно на 46 %, то между 4 классами каменности - на 74 %, если же принимать во внимание только поверхностную камен-ть - то на 65 %. По сравнению с ландшафтами в лавинной зоне, сопря-ность почвенно-растительного покрова селовых конусов с каменностью трава и рельефом возрастает. Таким образом, устойчивость вертикальной остранственной структуры ландшафтов двух этих видов ландшафтов бу-

дет определяться принципиально разными факторами. На селовых конусах ведущий фактор дифференциации - состав отложений, зависящий от типа се-левого потока и от положения по отношению к селовому руслу. На коренных лавинных склонах устойчивость распределяется в основном факторами распр-деления снежного покрова, в том числе климатическими флуктуациями, влияющими на снежность зим.

Межкомпонентные отношения ландшафтов северных и южных скло-нов сопоставлялись на примере системы «травяной ярус - почва - рельеф». Травяной ярус на южных склонах в целом сильнее связан с морфологиче-скими показателями почв, чем на северных. Однако при включении в модель множественной линейной регрессии показатели крутизны склонов экспози-ционные различия становятся несущественны. Пространственная организа-ция травяного яруса в большей степени определяется факторами перераспре-деления атмосферной влаги и солнечной радиации, нежели строением почв, что осенью может свидетельствовать о неполном соответствии присут-ствующих профилей дерновых и дерновых альфегумусовых почв высокогорья Центрального Кавказа современной климатической обстановке, к которой через тепловую и водный режимы, контролируемые крутизной склона, чувст-вителен видовой состав травостоя. Видовое богатство травостоя подчиняется несколько иной закономерности. На северных склонах его связь с почвенно-геоморфологическими условиями довольно тесная, причём ведущими факто-рами являются крутизна склона и мощность профиля, в то время как на ос-тепнённых южных склонах значимое влияние оказывает только мощность дернины и гумусового горизонта. На трансекте со значительным участием степных видов при более разнообразный травяной фитоценоз формируется в дифференцированного почвенного профиля даже при небольшой его общей мощности с хорошо развитой дерниной.

Описанные выше статистические модели по сути представляют собой сравнение достоверности существования парциальных ландшафтных струк-тур «рельеф-почва», «отложения-растительность», «лавины-растительность» и т. п., в которых первая составляющая - независимый абиотический фактор, а вторая - отклик биотического или биокосного компонента ландшафта. Если горный ландшафт - единая целостная система с высокой взаимной сопряжён-ностью свойств компонентов, то эти парциальные структуры должны содер-жать взаимозаменяемую информацию, а границы, выделенные по разным компонентам должны совпадать. Ранее проведённые исследования показали, что в лавинных и селовых системах более типична ситуация несоответствия компонентов друг другу (Петрушина, 1999). Если ландшафт полиструктурен, то участие биотического компонента в каждой из нескольких независимых парциальных структур создаёт специфическую информацию. Для выяснения, какая из двух альтернатив верна, построены регрессионные модели. В каче-стве примера биотического компонента взят видовой состав травяного яруса берёзовых криволинейных северных склонов. В качестве возможных «входных»

торов, создающих парциальные структуры, рассматривались: литогенная овра (крутизна, каменность, относительные высоты микроландшафта), ва (мощности генетических горизонтов), напряжённость конкурентных ошений (проективное покрытие, видовой богатство, количество ярусов востоя) и напряжённость лавинной деятельности (наклоны стволов, наливности, диаметры деревьев или их отсутствие). Соупность всех «входных» факторов описывает от 71 до 83 % варибельнозначений факторов видовой состава травостоя при статистической доерности модели. Однако, поочерёдное исключение из модели каждого из одных» факторов показало, что наиболее независимую информацию о овом составе травостоя содержат показатели интенсивности лавинной ельности и напряжённости конкурентных отношений. Почвы и литогеносна содержат дублирующую информацию и являются слабыми преорам видовой состава травостоя в условиях такого мощного периодидки действующего фактора пространственной и вертикальной организации дшафта как лавинная деятельность.

В исследовании получены следующие выводы. 1) Для ландшафтов в аз воздействия лавин характерно ослабление жёсткости связей почв и пительности с литогенными факторами при увеличении интенсивности инной деятельности. 2) Для ландшафтов селевых конусов устойчивости гикальной и пространственной структуры ландшафтов определяется стаьностью литогенной основы, в то время как на коренных лавинных склоов - в основном факторами распределения снежного покрова. 3) Видовой ав травяного яруса в лавинных берёзовых криволесьях формируется, яным образом под влиянием парциальных структур, обособляющихся под янием лавинной деятельности и антропогенотических отношений при чинённой роли почвенно-геоморфологических факторов. Исследование олено при финансовой поддержке РФФИ (грант 03-05-65024).

*М.Н. Петрушина
(Москва)*

Структура и динамика горных ландшафтов (на примере Северного Кавказа)

Исследования структуры и динамики ландшафтов особенно актуальны районов с экстремальными природными условиями и интенсивным хозяйственным освоением. К таким районам относится Северный Кавказ, характеризующийся активностью стихийных процессов и разнообразием антропогенного воздействия. Это приводит к возникновению здесь комплекса ютических проблем и конфликтных ситуаций в природопользовании. В едние годы эти проблемы обостряются в связи со сходом катастрофиче: селей, снежных лавин, локальным увеличением антропогенной нагрузки особенно на высокогорные ландшафты. Необходим мониторинг горных шафтов в условиях современных контрастных метеорологических ситуаций и антропогенного пресса, основанный на выявлении современного

состояния ландшафтов конкретных территорий, их динамики и устойчивости к внешним воздействиям.

Основная цель проведенных исследований – изучение закономерностей пространственной организации горных ландшафтов и их динамики под воздействием экзогенных процессов и деятельности человека в ряде бассейнов Северного Кавказа (Теберда, Баксан, Чегем и др.). Объектами изучения зон браны ПТК трех основных групп. В первую группу входят комплексы зон воздействия селей и снежных лавин, осциллиции ледников. Их выбор связан с тем, что эти процессы отражают совместное воздействие современных тектонических движений и климатических флуктуаций разной периодичности, отличаются интенсивностью и высокой степенью воздействия на ландшафты. Они обычно снижают экологический потенциал ландшафтов, ограничивают их использование, наносят большой материальный ущерб хозяйству, нередко приводят к гибели людей. Вторая группа включает ПТК, расположенные у верхней границы леса, где древостой наиболее чутко реагирует на внешние воздействия. Третью группу составили комплексы зон антропогенного воздействия – в первую очередь сельскохозяйственного и рекреационного.

При исследовании использовался комплекс методов – ландшафтное картографирование, работа на трансектах, повторное наблюдение на эталонных площадках, анализ разновременных аэро-, фототеодолитных и космических снимков, фитондикация.

Исследования показали, что к общим закономерностям формирования структуры и динамики горных ландшафтов Северного Кавказа относятся всотно-зональная дифференциация ландшафтов, обилие ПТК круглых и скальных склонов, полиструктурность, обусловленная формированием комплексов разного генезиса и (или) иерархического уровня со значительной долей векторных геосистем. Здесь нарушаются закономерности структуры, формирующейся биоциркуляционным полем земной поверхности (по В.Н. Солнцеву (1997)) и четче проявляется геокрикулярционный тип с ориентированными структурами. Многообразные векторные геосистемы, образованные экзогенными природными процессами – сходом лавин, селевых потоков, обвалов и т. д. играют важную роль в функционировании и динамике горных территорий и широко распространены в изученных бассейнах рек. Нередко они образуют сложные каскадные системы площадного, линейного и смешанного типов. Характерны нуклеары, в том числе гляциальные геосистемы, оказывающие большое влияние на перигляциальные ландшафты (Самойлова, Авессаломова, Петрушина, 2004).

Однако каждый из исследованных бассейнов характеризуется своеобразием структуры и динамики ландшафтов. Так бассейн р. Баксан на Центральном Кавказе отличается лучше выраженными экспозиционными различиями в ландшафтной структуре, большей долей селевых геосистем, повышенной динамичностью, значительным количеством молодых комплексов по сравнению с бассейном Теберды Западного Кавказа.