

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии Российской Академии Наук**

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института географии РАН
чл.-корр. РАН

О.Н. Соломина



« 31 / 2017 г. »

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

«Пространственно-временная организация геосистем»

Направление подготовки 05.06.01. «Науки о Земле»

Направленность (профиль) – Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

Рабочая программа дисциплины

1. Наименование дисциплины – **Пространственно-временная организация геосистем**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре
3. Направление подготовки – 05.06.01 «Науки о Земле». Направленность программы – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов.
4. Место дисциплины в структуре ООП: относится к вариативной части, обязательна для освоения в 2 семестре первого года обучения и в 3-4 семестрах второго года обучения.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) в соответствии с Картами компетенций.

Формируемые компетенции <i>(код компетенции)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	3I (УК-1). Представление о многообразии современных отечественных и зарубежных подходов к анализу пространственно-временной организации геосистем. У1 (УК-1). Умение выявлять преимущества и недостатки подходов к анализу пространственно-временной организации геосистем, ограничения методов
УК-2. Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	У1 (УК-2). Умение составить программу исследований с применением серии взаимосвязанных методов
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	У1 (УК-5). Умение выбирать подходы и методы, адекватные задачам собственной научно-исследовательской работы
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В1 (ОПК-1) Владение навыком отражения иерархической организации природы и общества, самоорганизации и саморегулирования геосистем в научно-исследовательской работе
ПК-1 Знание основных закономерностей пространственно-временной организации геосистем, биогеоценозов, популяций, почвенного покрова, факторов миграции химических элементов в ландшафтах	3I (ПК-1) Знание пространственно-временных закономерностей формирования, функционирования и развития геосистем
ПК-2 Владение количественными и	В1 (ПК-2) Владение современными

качественными методами обработки, структуризации и анализа географической, ландшафтно-геохимической и почвенно-биогеографической информации	методами пространственного анализа географических данных
ПК-3 Умение применять методы физико-географических, ландшафтно-геохимических, почвенно-генетических и биогеографических исследований к решению фундаментальных задач, к оценке воздействия на окружающую среду, экологической экспертизе, территориальному и ландшафтному планированию, экологическому проектированию	У1 (ПК-3) Уметь применять современные методы анализа и синтеза пространственно-временной информации о геосистемах в применении к задачам прикладной географии

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 120 часов. Из которых 50 часов составляет работа аспиранта с преподавателем (21 час занятий семинарского типа – семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и др., 4 часа – групповые консультации, 15 часов - индивидуальные консультации, 6 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации). 70 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины как предварительные условия:

- * знание основных системных концепций ландшафтоведения, ландшафтной экологии, биогеографии, географии почв и геохимии ландшафтов, геоинформатики, отраслевых физико-географических наук;
- * владение основными методами исследования физико-географических наук, основами математической статистики, геостатистики, физики, системологии;
- * представление о круге актуальных прикладных задач наук физико-географического цикла, требующих знания основ пространственно-временного анализа;
- * чтение литературы по дисциплине на английском языке.

8. Образовательные технологии: дисциплина реализуется на базе ИГ РАН с использованием электронного обучения и дистанционных технологий

9. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий.

Содержание курса

Тема 1. Проблема точности и адекватности географических данных.

Объект изучения – организация системы измерений (операционная территориальная единица, шаг опробования, набор измеряемых факторно-индикационных свойств, метрика). Источники неопределенности в пространственных данных. Методы формирования пространственной сети данных и её оптимизации, национальные и международные программы систематизации существующих данных (legacy data), инфраструктура пространственных данных (ИПД).

Тема 2. Проблемы изучения межкомпонентных отношений.

Виды межкомпонентных отношений. Связи – отношения и связи – взаимодействия. Нелинейность, неравновесность, нестационарность межкомпонентных отношений и ландшафтных процессов. Ядра типичности и области неравновесности. Триггерные геосистемы. Сравнительный анализ методов анализа связей: статистика, нейронные сети, интеллектуальный анализ (data mining).

Тема 3. Проблема масштаба.

Теория иерархии. Характерное пространство межкомпонентных связей. Виды масштаба. Проблема MAUP (пространственная единица переменного масштаба), апскейлинг, даунскейлинг. Проблема выбора операционной территориальной единицы, информативных свойств геосистем. Пространственные метрики и их чувствительность к масштабу (Fragstat). Методы обоснования оптимального пространственного разрешения растровых моделей территории. Спектральный анализ цифровой модели рельефа и аэрокосмических снимков (Фурье-анализ, вейвлет-анализ).

Тема 4. Самоорганизация и саморегулирование геосистем.

Методы изучения самоорганизации и саморегулирования геосистем. Ландшафт как сложная адаптивная система. Отношения «процесс-структура». Ограничения палеогеографических реконструкций. Стационарные исследования функционирования, динамики и эволюции геосистем. Сети долговременных исследований (LTER), пульсационных измерений массо-энергообмена (FLUXNET, TCOS и др.).

Стационарные исследования динамики потоков вещества и энергии при контролируемом антропогенном воздействии в геосистемах речных бассейнов. Приложение термодинамики в учении о геосистемах. Методика расчета показателей потоков (энтропия, эксергия) на основе многозональной космической съемки.

Тема 5. Методы анализа пространственной структуры ландшафта.

Инновационные методы картографирования геосистем. Теоретико-методические основы и информационные технологии. Факторно-индикационные и геостатистические модели. Интерполяция, экстраполяция и аппроксимация полевых наблюдений. Оценка полноты и достоверности картографических моделей. Проекты GlobalSoilMap.net, CORINA Landcover, Natura 2000, Land Use and Landcover change.

Тема 6. Прикладной пространственный анализ.

Применение методов пространственного анализа в решении прикладных задач (проектирование экологических сетей, динамика землепользования). Проблема оптимизации пространственной структуры ландшафта для устойчивого природопользования.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них										
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского-го типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)	Всего	Выполнение практических контрольных заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего		
Тема 1. Проблема точности и адекватности географических данных	19		4	0	2	1	7	6	6	12		
Тема 2. Проблемы изучения межкомпонентных связей	21		4	0	2	1	7	9	5	14		
Тема 3. Проблема масштаба	17		2	2	2	1	7	6	4	10		
Тема 4. Самоорганизация и саморегулирование геосистем	19		3	0	3	1	7	8	4	12		
Тема 5. Методы анализа пространственной структуры ландшафта	19		4	0	3	1	8	5	6	11		

Тема 6. Прикладной пространственный анализ	21		4	2	3	1	10	6	5	11
Промежуточная аттестация: экзамен	4						4			
Итого	120		21	4	15	6	50	40	30	70

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.
Самостоятельная работа аспиранта начинается в виде выполнения практических самостоятельных работ (ПСР). Текущий контроль осуществляется путем индивидуального обсуждения с преподавателем выполненного ПСР или путем групповой дискуссии в группе аспирантов при участии преподавателя.

Типовые задания для ПСР и методические рекомендации к их выполнению.

Практическая самостоятельная работа № 1 «Изучение межкомпонентных отношений методами статистического анализа» (Тема 2)

Цель:

Провести анализ пространственно-временной организации объектов диссертационного исследования методами статистического анализа

Задачи:

1. сформулировать цель и задачи исследования, определить нулевую и альтернативную гипотезу сравнения элементов пространственно-временного ряда методами статистического анализа (сравнение выборок, корреляционный, регрессионный);
2. спроектировать таблицу для статистического анализа: строки – элементы анализа (геоботанические площадки, пробы почвы точек трансекта и т.п.), столбцы – признаки элементов (обилие видов, физико-химические свойства почв и др.). Строки (элементы анализа) должны быть стратифицированы (разделены) на две или более выборки с помощью целочисленного кода в одном из столбцов. В каждой выборке должно быть не менее 20 элементов. Среди признаков как минимум два должны быть измерены в количественной шкале, по которым будет проводиться корреляционный и регрессионный анализ и по которым будут сравниваться средние значения и разброс значений по двум выборкам;
3. провести статистический анализ в среде R в соответствии с инструкцией. Дать мотивированное заключение проверки нулевых гипотез;
4. оформить отчетную презентацию и выслать её преподавателю (научному руководителю).

Практическая самостоятельная работа № 2 «Геостатистические методы анализа пространственной структуры»

Цель: для верхового болота Катин Мох (Гверская область, Центрально-Лесной заповедник) по данным торфоразведки построить модели поверхности болота, поверхности его дна, рассчитать запасы торфа.

Задачи:

1. загрузить данные торфоразведки из набора, предложенного преподавателем;
2. построить экспериментальную вариограмму и дать пояснения к её основным параметрам: радиус влияния, порог, эффект самородка;
3. провести интерполяцию моделей поверхности болота с разными параметрами модельной вариограммы;
4. вычислить объем торфа, определить места с максимальной мощностью торфа и установить приуроченность наибольших запасов торфа к особенностям подторфяного рельефа;
5. оформить отчетную презентацию и выслать её преподавателю (научному руководителю).

11. Ресурсное обеспечение:

Подразделения ИГ РАН оснащены компьютерами с необходимым программным обеспечением и доступом и Интернет, а также мультимедийным проектором для проведения лекционных и семинарских занятий и для самостоятельной работы аспирантов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Арманд А.Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. - М.: Наука, 1988. 264 с.
2. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. - М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
3. Пузаченко Ю.Г. Методологические основы географического прогноза и охраны среды. - М.: Изд-во УРАО, 1998. - 212 с.

4. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алешенко Г.М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. Экоцентр МГУ, 2002. С. 76-177
5. Солнцев В.Н. Структурная организация ландшафтов. М.: Наука, 1981. 239 с.
6. Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения. М.: Географический факультет МГУ, 2003. 175 с.
7. Forman R. Land mosaics. Cambridge, 2006. 632 pp.
8. Haining R. Spatial data analysis. Theory and practice. Cambridge University Press, 2003. 432 p.
9. Hay G.J., Marceau D.J., Dube P., and Bouchard A. 2001. A multiscale framework for landscape analysis: Object-specific analysis and upscaling. *Landscape Ecology*. Vol. 16. P. 471-490
10. Jorgensen S.V and Svirezhev Yu. M. 2004. Towards a Thermodynamical Theory for Ecological Systems. Elsevier Ltd. The Boulevard, Oxford UK, 369 p.
11. Likens G.E., Bormann F.H. Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer-Verlag, New York, 1995. 159 p.
12. Marceau, D.J., 1999: The scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25, p. 347-356.
13. McGarigal K., Marks B.J. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U. S. Forest Service General Technical Report PNW-351. Portland, OR, USA
14. Meentemeyer V. 1989. Geographical perspectives of space, time, scale. *Landscape Ecology*. Vol. 3. No. 3/4. P. 163-173
15. Naveh Z. 2001. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscape. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 57. P. 269-284
16. O'Neill R. V. 1988. Hierarchy theory and global change. In: SCOPE 35. Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes. T. Rosswall, R.G. Woodmansee & P.G. Risser (Eds.). Wiley, U.K. P. 29-45
17. Turner M., Gardner R.H., O'Neill R.V. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer Verlag. 2001. 352 p.
18. Wu J. and David J.L. 2002. A spatially explicit hierarchical approach to modelling complex ecological systems: theory and applications. *Ecological modelling*. Vol 153. P. 7-26
19. Wu J. and Hobbs R. 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*. Vol. 17. P. 355-365

Дополнительная

1. Арманд А.Д., Ведюшкин М.А. Триггерные геосистемы. Препринт. М., 1989. 51 с.
2. Боков В.А. Пространственно-временные основы геосистемных взаимодействий. Дисс. докт. геогр. наук. М., 1990. 406 с.
3. Гродзинский М.Д. Пзнання ландшафту: місце і простір. 2 т. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 2005. Т.1.- 431 с. Т.2-503 с.
4. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных геосистем. М.: Наука, 2008. 427 с.
5. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. М.: Научный мир, 2005. 325 с.
6. Ландшафтно-интерпретационное картографирование. Отв. ред. А.К. Черкашин. Новосибирск: Наука, 2005. 424 с.
7. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Академия, 2004. 416 с.

8. Burnett C., Blaschke T. A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis // *Ecological modeling*. 2003. Vol. 168. P. 233-249
9. Burrough P.A., Wilson J.P., van Gaans P.F.M., Hansen A.J. 2001. Fuzzy k-means classification of topo-climatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA // *Landscape Ecology*. Vol. 16. No. 6. P. 523-546
10. Delcourt, H. R., Delcourt, P. A. Quaternary landscape ecology: Relevant scales in space and time // *Landscape Ecology*. Vol. 2. 1988. No. 1. P. 23-44
11. Dungan J. L., Perry J. N., Dale M. R. T., Legendre P., Citron-Pousty S., Fortin M.-J., Jakomulska A., Miriti M., Rosenberg M.S. A balanced view of scale in spatial statistical analysis // *Ecography*. Vol. 25. 2002. P. 626-640
12. Forman R.T.T., Godron M. *Landscape ecology*. – New York: John Wiley and Sons, 1986. – 619 p
13. Fortin M.J., Olson R.J., Ferson S., Iverson L., Hunsaker C., Edwards G., Levine D., Butera K., Klemas V. Issues related to the detection of boundaries // *Landscape Ecology*. Vol. 15. 2000. P. 453-466
14. Hall O., Hay G.J., Bouchard A., Marceau D.J. Detecting dominant landscape objects through multiple scales: An integration of object-specific methods and watershed segmentation // *Landscape Ecology*. Vol. 19. 2004. No. 1. P. 59-76
15. Hlasny T. 2006. Probabilistic approaches to ecological modeling. *Ecology (Bratislava)*. Vol. 25. Supplement 1/2006. P. 66-75
16. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // *Landscape Ecology*. Vol. 15. 2000. P. 115-130
17. Jorgensen S.V. et al. *A new ecology. System perspective*. Elsevier, 2007. 275 p.
18. Krcho, J., 1973: Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. *Acta geographica UC, Geographico-physica*, 1, SPN, Bratislava, 233 p.
19. Openshaw S. 1977. A geographical solution to scale and aggregation problem in region building, partitioning and spatial modeling. *Institute of British Geographers, Transactions, New Series*. Vol. 2. P. 459-472
20. Phillips J.D. Global and local factors in earth surface systems // *Ecological Modelling*. Vol. 149, No. 3. 2002. P. 257-272
21. Ritters K.H., O'Neill R.V., Hunsaker C.T. 1995. A factor of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*. Vol. 10. No. 1. P. 23-39
22. Shugart H.H., Michaels P.J., Smith T.M., Weinstein D.A., Rastetter E.B. Simulation Models of Forest Succession // T. Rosswall, R.G. Woodmansee, P.G. Risser (Eds.). *SCOPE 35. Scales and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes*. Wiley, U.K., 1988. 376 p.
23. Wickham J. D., Riitters K. H., Wade T. G., Coulston J. W. Temporal change in forest fragmentation at multiple scales // *Landscape Ecol* Vol. 22. 2007. P. 481-489
24. Zonneveld I.S. The land unit – A Fundamental concept in landscape ecology, and its application // *Landscape Ecology*. 1989. Vol. 3. No. 2. P. 67-86

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Пространственно-временная организация геосистем» на основе Карт компетенций выпускников программ аспирантуры МГУ

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена.

Каждый аспирант отвечает на 2 вопроса, один из которых направлен на оценку полученных им знаний, второй – на оценку полученных умений.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены в следующей таблице.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине из соответствующих Карт компетенций				ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1 <i>Неудовлетворительно</i> отсутствие знаний	2 <i>Неудовлетворительно</i> фрагментарные представления	3 <i>Удовлетворительно</i> частично сформированные представления (с пробелами)	4 <i>Хорошо</i> сформированные представления	5 <i>Отлично</i> Систематизированные знания теоретических и методических <i>принципов</i>
Знание теоретических и методических принципов организации пространственно-временного анализа геосистем					Письменные вопросы
У1 (УК-1) Умение выявлять преимущества и недостатки подходов к анализу пространственно-временной организации	отсутствие умений	фрагментарные представления о существующих подходах и методах анализа	сформированные представления об основных принципах	сформированные представления	Письменные вопросы систематизированные умения

геосистем, ограничения методов	отсутствие умений	осуществляет отбор и использование методов, не обеспечивающих освоение дисциплин	сформированные представления об основных принципах составления программы исследований	сформированные представления	Системные знания о принципах построения программы исследования с применением взаимосвязанных опытов	Письменные вопросы
У1 (УК-2) Умение составить программу исследований с применением серии взаимосвязанных методов						
У1 (УК-5). Умение выбирать подходы и методы, адекватные задачам собственной научно-исследовательской работы	отсутствие умений	осуществляет отбор и использование методов, не обеспечивающих освоение дисциплин	осуществляет отбор и использование методов, не адекватных задачам собственной НИР	осуществляет отбор и использование методов с учетом специфики	осуществляет отбор и использование методов преподавания с учетом специфики собственной НИР	Практическое контрольное задание
В1 (ПК-2) Владение современными методами пространственного анализа географических данных	отсутствие умений	осуществляет отбор и использование методов, не обеспечивающих освоение дисциплин	умеет использовать один метод	умеет сопоставлять разные методы анализа	развитые умения владения современными методами анализа	Письменные вопросы
З1 (ПК-1) Знание пространственно-временных закономерностей формирования,	отсутствие умений	фрагментарные представления	частично сформированные представления (с пробелами)	сформированные представления	Систематизированные знания пространственно-временных закономерностей	Письменные вопросы

функционалирования и развития геосистем						
---	--	--	--	--	--	--

- Фонды оценочных средств**
Примерные вопросы

1. Какие существуют наиболее широко применяемые модели структуры ландшафта?
2. Что такое полиструктурность ландшафта?
3. В чем сущность проблемы меняющейся пространственной единицы?
Примерные практические контрольные задания:
1. Охарактеризуйте виды межкомпонентных отношений.
2. Объясните разницу между связями-отношениями и связями-взаимодействиями.
3. Дайте определения понятиям: нелинейность, неравновесность, нестационарность