

UDC 910

**Methodology and Technology of Next Generation of Industrial GIS-monitoring and Full Line of Natural and Man-made Hazards Development**<sup>1</sup>Tatyana P. Varshanina<sup>2</sup>Vitaly P. Zorin<sup>3</sup>Alexander A. Solodukhin<sup>4</sup>Elena P. Khadzhokova<sup>5</sup>Mikhail Yu. Getmansky<sup>6</sup>Elena S. Gadalova

<sup>1</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD (biological), Associate professor  
E-mail: gic-info@yandex.ru

<sup>2</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD student  
E-mail: gic-info@yandex.ru

<sup>3</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD student  
E-mail: gic-info@yandex.ru

<sup>4</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD student  
E-mail: gic-info@yandex.ru

<sup>5</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD student  
E-mail: gic-info@yandex.ru

<sup>6</sup>Adygya State University, Russia  
188, Universitetskaja, Maikop, 385000  
PhD student  
E-mail: gic-info@yandex.ru

**Abstract.** The article discussed the methodology of geographical nonlinear media with high level of uncertainty forecasting, offers the way to determine the measures of geographical patterns order parameters.

**Keywords:** geographical patterns order parameters; floods forecast; system geodynamic model.

Отсутствие ощутимого прогресса в прогнозировании природных опасностей связывают в первую очередь с двумя причинами: со свойствами природной среды, отличающейся высокой степенью неопределенности и нелинейностью связей, а также с тем, что до сих пор не разработана геоинформационная среда, способная эмпирически объективно интегрировать разнородную геопространственную информацию. Области решения двух названных проблем тесно взаимосвязаны и в настоящее время очевидны. Назрела необходимость создания системной «хорошо структурированной» географической модели, поддерживающей современные численные методы прогнозирования динамических систем в условиях нелинейной среды, структура которой выявляется на основе фундаментальных законов в приложении к географическим процессам самоорганизации.

В теории динамических систем сформулирована методология прогнозирования для нелинейных сред с высокой степенью неопределенности.

К базовым условиям прогнозирования на основе методологии теории динамических систем относятся:

- создание эмпирически объективной иерархической структурной (практически приближенно подобной) модели объекта исследования;
- выявление продуктивных предикторов прогнозирования – параметров порядка структурной организации системы.

Для систем прогнозирования природных процессов, основанных на современных методах теории динамических систем, необходимы показатели-индикаторы:

- являющиеся мерой параметра порядка прогнозируемого процесса;
- являющиеся интегрированной мерой параметров нескольких характеристик прогнозируемого процесса;
- способные к агрегированию при прогнозировании поведения сложных систем;
- обладающие низким уровнем неопределенности.

Нами предложены оригинальные методология, а также структура данных и технология создания «хорошо структурированной» модели геопространства, разработан опытный образец ГИС научных исследований [1, 5].

Основанием технологии структурирования геопространства является известная парадигма: географические системы формируются в результате интерференции эндогенного и экзогенного потоков энергии, в результате в фокусе земной поверхности образуется реальное геофизическое поле и порождаемая этим полем и, следовательно, подобная ему иерархическая структура пространственных географических объектов.

Вследствие того, что структура реального геофизического поля определяет пространственно-временной порядок географических паттернов, напряженность реального геофизического поля принимается параметром порядка географических процессов и систем.

Вследствие того, что значение структурообразующего параметра эмпирически объективных единиц геопространства (например, структуру рельефа формирует гипсометрия; структуру воздушных течений – поля температуры) является мерой их параметра порядка – градиентные поля структурообразующих параметров отображают структуру поля энергии, порождающего географические объекты.

Гипотеза о том, что градиент структурообразующего параметра географического паттерна является мерой параметра порядка искомого процесса, верифицирована на примере прогнозирования гидрометеорологических величин. В качестве конкретного паттерна выбран процесс формирования паводка.

Предиктором прогноза паводков выступает значение регионального градиента температуры. Как известно, градиент температуры является структурообразующим параметром всех гидрометеорологических процессов: формирования атмосферных вихрей и фронтов, движения воздушных масс и связанных с ними гидрометеорологических явлений – т.е. служит мерой параметра порядка гидрометеорологических процессов, интерпретирующего их пространственную энергетику.

При построении прогноза принято во внимание то, что барические образования представляют собой саморазвивающиеся энергетические вихри, перемещающиеся в атмосфере. Поэтому областью расчета регионального градиента температуры выбрана территория – локальная область поля температуры – по площади соответствующая горизонтальным размерам барических систем, с условием, что пункты прогнозирования находятся в центральной части выделенной области.

Для построения прогноза использована математическая модель нейронной сети, которая, как известно, способна находить связи в условиях нелинейной среды. Структура математической модели нейронной сети – гибридная с каскадным подключением распределяющего слоя Кохонена и прогнозирующей двухслойной персептронной сети.

Входным вектором нейронной сети является ход ежесуточных признаков синоптической ситуации:

- значения регионального градиента поля температуры в точке прогнозирования, выраженного координатами в метрической мере (рис. 1);
- соответствующее значение уровня воды гидропоста в сантиметрах.

Для выявления кластеров, описывающих классы признаков хода синоптической ситуации и уровней воды в точке прогнозирования, используются среднесуточные данные

по уровням воды и вычисляемый региональный градиент температуры в точке прогнозирования за период естественного изменения климатической системы – предыдущие 20 лет.

В процессе обучения на первом уровне нейросети слой Кохонена определяет классы признаков хода синоптических ситуаций, наблюдаемых за последние 20 лет, и формирует кластеры, выделяя их по принципу подобия и преобладания, что крайне важно в условиях стохастичности природных систем.

Первый слой перцептронной сети автоматически сопоставляет входным сигналам, отнесенным к конкретным кластерам, соответствующие им режимы хода градиента температуры и уровней воды.

Вектор на выходе второго слоя перцептронной сети состоит из нейронов содержащих значения прогнозируемых параметров: градиента температуры (координаты  $x$  и  $y$ ), уровня воды и даты наступления паводка.

Перцептронная сеть находит зависимости в данных, которые не обнаруживаются стандартными статистическими методами, и строит прогноз хода уровня воды и регионального градиента поля температуры (рис. 2).

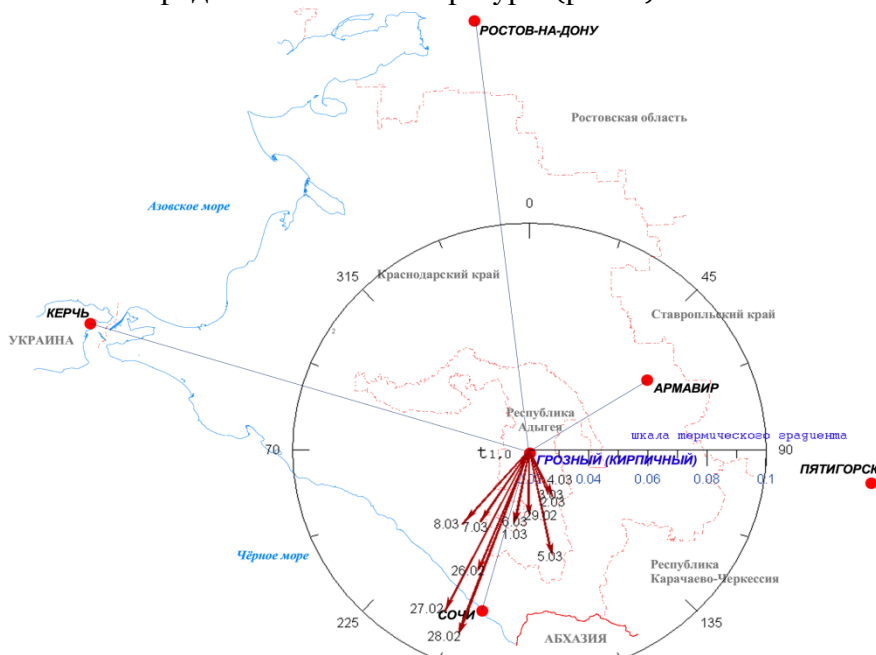


Рис. 1. Ход регионального градиента температуры в пункте прогнозирования за период от 26.02.2004 по 08.03.2004 г.

Описанным способом получают прогноз на следующие сутки. Сдвигом вперед на сутки и путем добавления во входной вектор уже спрогнозированных значений можно получить прогноз на 2, 3, 4 и т.д. суток.

Аналогичное использование в качестве предиктора прогнозирования параметра порядка гидрометеорологических процессов – градиента приземного поля температуры, позволяет точно прогнозировать весь спектр опасных гидрометеорологических явлений от зажоров, заторов до смерчей.

Результаты проиллюстрированного способа прогнозирования времени наступления и уровня паводка свидетельствуют о перспективности использования величины градиента структурообразующего параметра, как для прогнозирования природных процессов, так и для построения топологической структуры энергетически полей, отвечающих за формирование географических паттернов.

Векторный способ отображения топологической структуры эндогенного энергетического поля через градиент структурообразующего гипсометрического параметра рельефа использован для построения системной геодинамической модели, перспективной для детального исследования и прогнозирования тектоно-сейсмических движений.

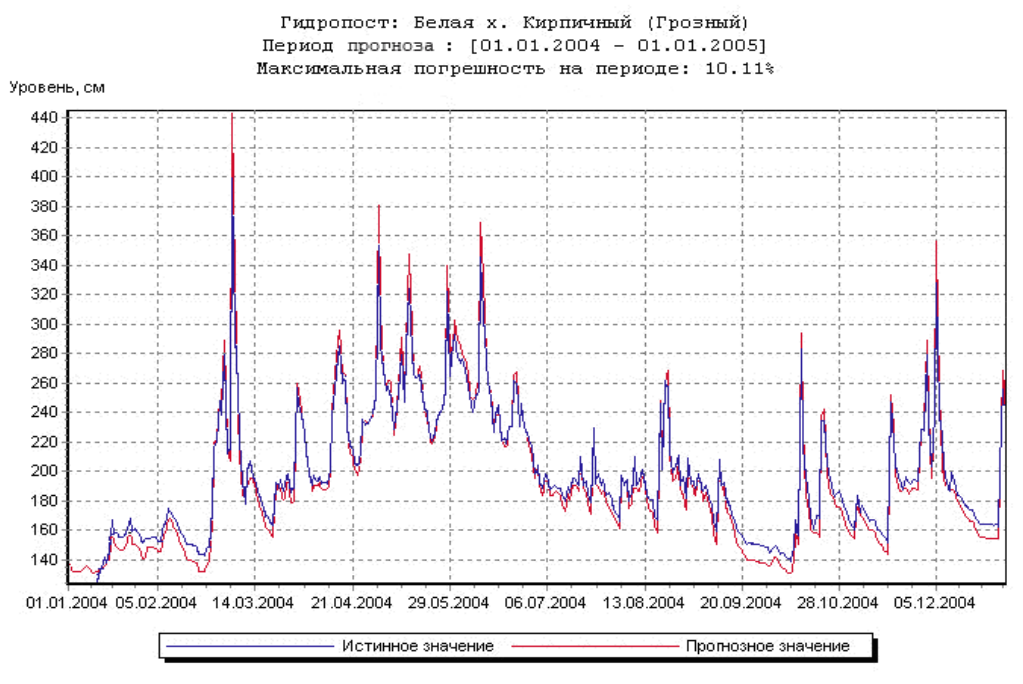


Рис. 2. График прогноза даты и значений уровня подъема воды

Принципиальным основанием создания эмпирически объективной геодинамической модели является её подобие структуре эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности. Соблюдение этого принципа обеспечивает возможность определения:

- параметров, интерпретирующих пространственную структуру эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности, и закономерности её соответствия (подобия) конкретным геодинамическим обстановкам;
- исторической динамики структуры эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности, соответствующей сейсмическим событиям;
- самоподобных ситуаций хода тектонических напряжений и сейсмических проявлений для вычисления прогноза.

Структурно-подобная геодинамическая модель территории строилась на основании следующих положений.

Так как по современным представлениям дробление земной коры на тектонические элементы происходит в результате тектонических, а по сути энергетических течений, формирующихся в результате интерференции пространственно-временной иерархической системы тектонических течений в мантии и земной коре [2], то принимается, что система тектонических элементов земной коры структурно подобна пространственно-временной иерархической системе эндогенных потоков энергии.

Пространственно-временная иерархическая система тектонических элементов представлена тектоническими плитами, блоками и линеаменами с их геологическим строением и реологическими свойствами. Поле тектонических напряжений в геолого-тектонических образованиях земной коры формирует структурно-подобную им трехмерную геометрическую поверхность тектонического рельефа.

Взаимодействие тектонических элементов продуцирует неоднородное поле напряжений, в котором формируются области концентрации напряжений, так называемые блоки концентраторы. Пространственно-временная структурная перестройка блоков концентраторов определяется как величиной тектонического напряжения, так и реологическими свойствами блоков [2].

Разработанный В.П. Философовым [4] метод морфометрического анализа тектонических структур дает ключ к выявлению индикационных параметров рельефа, отображающих информацию о характере взаимодействия тектонических блоков.

Автор метода установил, что долины рек одного порядка имеют, как правило, одинаковый геологический возраст. Проведенные через тальвеги одновозрастных речных долин базисные поверхности фиксируют отметки высот конкретного геологического времени. Мощность слоя между базисными поверхностями указывает на смещение местности по вертикали за промежуток времени, прошедший между образованием долин разных порядков.

Известно, что в преимущественном порядке вертикальные движения характеризуются скоростью превышающей скорость осадконакопления, и, следовательно, базисные поверхности можно рассматривать в качестве изопотенциальных поверхностей фиксирующих с допустимой погрешностью положение поверхностей выравнивания в различные интервалы геологического времени.

Вследствие этого карты, отражающие мощность слоя между базисными поверхностями, несут информацию о скорости вертикальных движений за соответствующий период геологического времени. При этом положительные разности высот между базисными поверхностями соответствуют восходящим, а отрицательные - нисходящим тектоническим движениям.

На основании изложенного в качестве индикатора направления и интенсивности трендов исторического движения блока, применяется величина и румб градиента наибольшего приращения/убывания мощности слоя земной коры за конкретный период геологического времени («разностный слой»). Румб градиента указывает на направление наиболее интенсивного взаимодействия соседних блоков, т.е. на направление движения блока, а величина отражает интенсивность их взаимодействия.

В соответствие с тем, что имеют место:

- структурное соответствие гипсометрических параметров рельефа и системы тектонических напряжений в реальной геологической среде с её реологическими свойствами [4];

- взаимная зависимость и дополняемость процессов поступательного движения, вращения и деформации элементарных объемов геологической сплошной среды [2];

- справедливо утверждение, что градиент наибольшего приращения/убывания мощности «разностного слоя» земной коры за конкретный период геологического времени является интегрированной мерой нескольких параметров: скорости движения блока, величины тектонического напряжения, поворотного момента блока, его реологических свойств.

Построение системной геодинамической модели территории Республики Адыгея произведено с помощью автоматизированного геоинформационного модуля [3].

Относительно автоматизировано ранжированной гидросети построены полибазисные поверхности 2, 3, 4 и 5 порядков, отражающие динамику поверхности рельефа за плиоцен-четвертичное время.

Исследована пространственно-временная дифференциация вертикальных движений территории за плиоцен-четвертичное время по картам остаточного рельефа – полибазисным поверхностям соответствующего порядка.

Вычислена мощность «разностного слоя» между полибазисными поверхностями смежных порядков и динамика наибольшего градиента мощности «разностного слоя» каждого блока за плиоцен-четвертичное время.

Таким образом, в исторической динамике определены направления движения каждого блока и выявлена топологическая структура поля тектонических напряжений, формирующегося в реальной геологической среде с присущими ей реологическими свойствами.

Анализ градиентного поля мощности «разностного слоя», интерпретируемого относительно блокового строения территории, показывает логичную, соответствующую современным представлениям о тектонических процессах на территории исследования, историческую картину движения и взаимодействия блоков и подтверждает инструментальные данные о пульсационном характере тектонических взаимодействий, позволяет однозначно выделять блоки концентраторы наибольших тектонических напряжений (рис. 3).

Расчет наибольшего градиента мощности «разностного слоя» относительно изогипсопахит (изолиний равной мощности) по углам прямоугольной сетки со стороной 250 м показал возможность отображения характера дифференциации тектонических напряжений в пределах тектонических элементов в их исторической динамике, оценки величины тектонического напряжения в точках его наибольшего приложения.



Рис. 3. Градиентное поле тектонических напряжений в блоковой структуре горной части Адыгеи

Воссоздание топологической структуры эндогенного поля энергии в виде пирамиды детализации с помощью градиента структурообразующего параметра рельефа позволяет применить инструменты теории ТДС для прогнозирования тектонических движений различной интенсивности и сейсмических проявлений различной магнитуды. Открываются возможности определения вклада блоковой динамики в экологическую составляющую геоморфологических процессов.

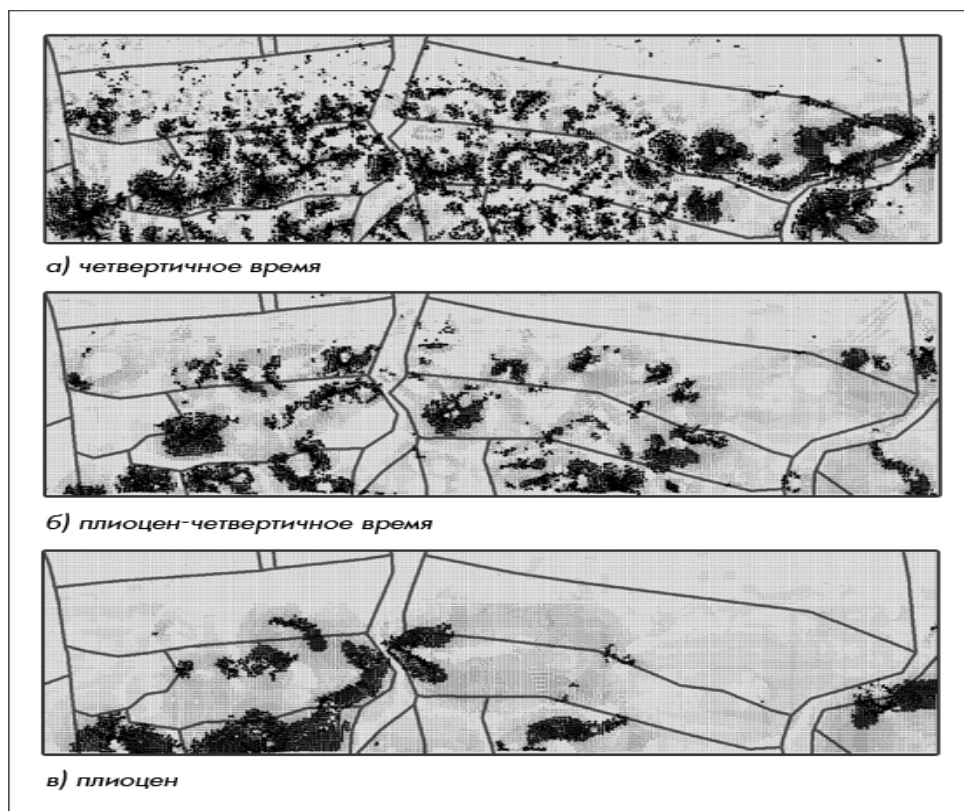


Рис. 4. Дифференциация поля тектонических напряжений в тектонических элементах, выраженная через наибольший градиент мощности «разностного слоя»

Разработанные модели свидетельствуют о том, что принцип структурного подобия сущностно-логической системной модели географического пространства формирующим энергетическим полям, обеспечивает однозначность толкования его структурных инвариант, вычисление меры их параметров порядка, геосистемный анализ высокого разрешения, эффективное прогнозирование. Такая модель геопространства приспособлена для логического связывания в координированном поле в виде пирамиды детализации накапливаемых в науках о Земле массивов разнообразных данных.

**Примечание:**

1. Варшанина Т.П., Плисенко О.А. Интегрированная ГИС региона (на примере Республики Адыгея) // под ред. Б.И. Кочурова. М., - Майкоп. Изд. Дом «Камертон», 2011. 360 с.
2. Структурно-подобная геодинамическая модель Краснодарского края и Республики Адыгея / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко, А.А. Солодухин, В.Н. Коробков // под ред. Б.И. Кочурова. Москва-Майкоп. Изд. Дом «Камертон», 2011. 128 с.
3. Введение в тектонофизику: Учебное пособие / М.А. Гончаров, В.Г. Талицкий, Н.С. Фролова; Отв. ред. Н.В. Короноцкий. М.: КДУ, 2005. 496 с.
4. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поиска тектонических структур // под ред. А.А. Корженевского. Саратов: Из-во Саратовского ун-та, 1960. 93 с.
5. Варшанина Т.П. Интегрированная ГИС региона (на примере Республики Адыгея) / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://geo-vertex.ru/content/gic/int\\_gic\\_reg.pdf](http://geo-vertex.ru/content/gic/int_gic_reg.pdf).

УДК 910

**Методология и технология для разработки нового поколения  
промышленной ГИС мониторинга и прогнозирования полного спектра  
природных и связанных с ними техногенных опасностей**

<sup>1</sup>Татьяна Павловна Варшанина

<sup>2</sup>Виталий Павлович Зорин

<sup>3</sup>Александр Александрович Солодухин

<sup>4</sup>Елена Петровна Хаджокова

<sup>5</sup>Михаил Юрьевич Гетманский

<sup>6</sup>Елена Станиславовна Гадалова

<sup>1</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Кандидат биологических наук, доцент

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

<sup>2</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Аспирант

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

<sup>3</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Аспирант

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

<sup>4</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Аспирант

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

<sup>5</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Аспирант

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

<sup>6</sup> Адыгейский государственный университет, Россия

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 208

Аспирант

E-mail: [gic-info@yandex.ru](mailto:gic-info@yandex.ru)

**Аннотация.** Обсуждается методология прогнозирования для географических нелинейных сред с высокой степенью неопределенности. Предлагается способ определения меры параметра порядка географических паттернов.

**Ключевые слова:** параметр порядка географических паттернов; прогнозирование паводков; системная геодинамическая модель.