

УДК 551.4.012+551.248.2+550.814

О СВЯЗИ НЕОТЕКТОНИКИ И СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ

И.Ю. Чернова, И.И. Нугманов, О.В. Лунева, А.Н. Даутов

Аннотация

В статье показана информативность морфометрического метода для прогнозирования и локализации зон высокой геодинамической активности. Предложена комплексная методика оценки деформаций верхней части земной коры. Результаты исследований подтверждают существование непосредственной связи между проявлениями современной геодинамики и неотектоническими движениями.

Ключевые слова: геодинамика, неотектоника, скорость деформации, данные дистанционного зондирования.

Введение

В настоящее время происходит накопление информации и данных о различных проявлениях геодинамики как таковых, так и в связи с флюидодинамикой и проявлениями нефтегазоносности. Большая часть информации относится к интенсивным и весьма непродолжительным явлениям (в основном, связанным с землетрясениями) [1–6]. Помимо кратковременных явлений в земной коре существуют и более длительные процессы, приводящие к формированию современных геодинамических обстановок конкретных участков (блоков) земной коры. Именно эти геодинамические обстановки определяют структуру и морфологию верхних слоев земной коры, в том числе и морфологию современного рельефа. Такие более длительные проявления геодинамики, связанные с процессами рельефообразования, в настоящее время слабо изучены, и именно они являлись основным предметом нашего исследования. Затронут также вопрос о связи современной геодинамики с неотектоническими процессами в целом, которые оказывают влияние на распределение и условия существования залежей углеводородов (УВ) более длительное время, чем современные геодинамические процессы.

1. Методика и объект исследований

Одна из основных задач настоящего исследования состояла в получении новых сведений о процессах, формирующих рельеф и ландшафты, а также в развитии новых методик извлечения информации о геодинамических процессах из данных дистанционного зондирования. В данной предметной области, с одной стороны, появляются новые высокинформативные способы выявления современных деформаций земной коры (в частности, по данным радиолокационной съемки и GPS-мониторинга), с другой стороны, все известные на настоящий

момент исследования носят экспериментальный характер, требуют проверки и для территории России являются все еще крайне редкими [7–12].

Мы предлагаем использовать комплексную методику, включающую методы качественной и количественной оценки деформаций верхней части земной коры по данным архивной и исторической аэрофото- и космосъемки, и метод создания карт и схем неотектонической активности. Сравнение качественных и количественных характеристик движений земной коры за разные промежутки времени (от ~ 10 до ~ 1000000 лет) позволит приблизиться к решению вопроса о характере взаимосвязи современных геодинамических явлений и неотектонических процессов.

В качестве объекта исследования была выбрана территория Черемшанского района Республики Татарстан (РТ) с весьма развитой аграрной инфраструктурой, с интенсивной добывчей нефти. С точки зрения изучения современной геодинамики данная территория является привлекательным объектом, так как находится на границе двух активных тектонических структур I порядка – Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины. Разнообразные формы рельефа, наличие крупных рек и множества мелких водотоков, развитая овражно-балочная сеть – очевидные признаки неотектонического происхождения современных форм рельефа.

На выбор территории исследования также повлияло наличие достаточного количества исходного материала. В проекте были использованы данные аэрофотосъемки территории РТ 1953 г. (масштаб съемки 1:17 000, высота полета 1100 м), данные аэрофотосъемки 1980 г. (масштаб съемки 1:50 000, высота полета 7000 м), а также данные съемки 2008 г. со спутника WorldView (панхроматический диапазон съемки, пространственное разрешение 60 см) (рис. 1). Все архивные данные были предоставлены спецфондом Казанского федерального университета. В качестве программного обеспечения проекта были выбраны программа-векторизатор EASY TRACE PRO 8.7 (EASY TRACE GROUP, Россия), географическая информационная система ArcGIS 10 (ESRI, США), программа обработки данных дистанционного зондирования ERDAS Imagine 2010 (ERDAS, США), программа STATISTICA 6 (StatSoft, США) для статистической обработки результатов определений плотности и вязкости нефтей.

Методы обработки аэрофотоснимков 1953 и 1980 гг. съемки сводились к подгонке планового изображения снимков к изображению мозаики WordView, то есть к их геометрической коррекции и определению системы координат. Геометрическая коррекция выполнялась в модуле IMAGINE AutoSync, средняя ошибка трансформации составила 6.5 м. Далее трансформированные изображения загружались в геоинформационный проект для визуального сравнения и анализа разновременных изображений аэрофотоснимков и космоснимков в плане. Более подробно методика обработки коллекции архивных аэрофотоснимков изложена в [13].

Для создания карт и схем неотектонических движений был использован морфометрический метод анализа цифровых моделей рельефа (ЦМР). Этот метод впервые был предложен С.С. Соболевым (1948). Позднее метод был развит В.П. Философовым и другими исследователями [14, 15], применявшими его

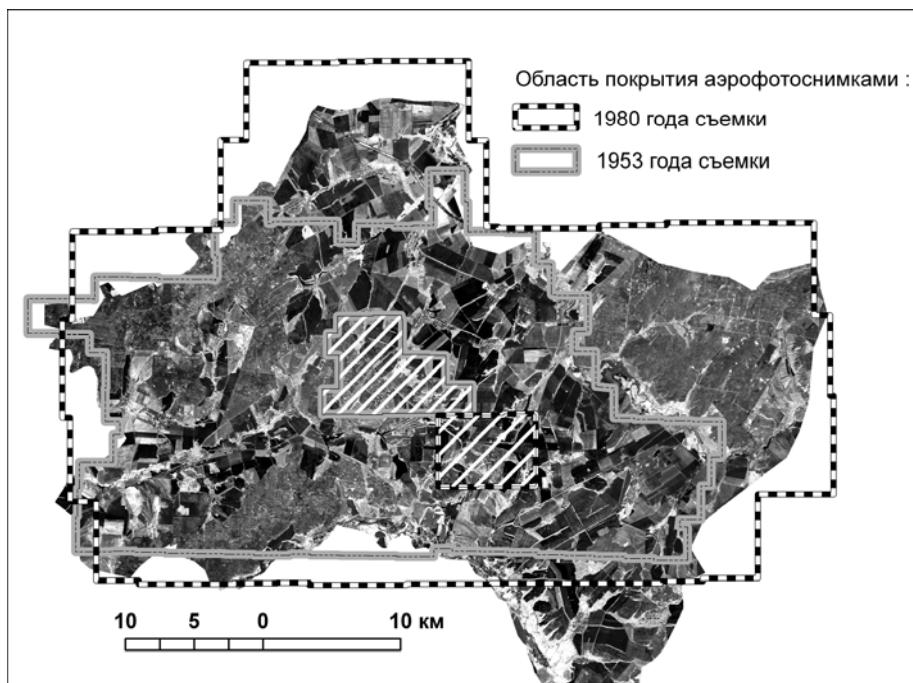


Рис. 1. Объект исследования – территория Черемшанского района РТ. Растворная подложка рисунка представлена мозаикой снимков WorldView, обрезанной по границе района. Штриховкой показаны области отсутствия данных аэрофотосъемки.

к поискам перспективных нефтегазоносных локальных поднятий. Морфометрический метод интересен тем, что дает представление о неотектоническом режиме исследуемой территории по всей площади исследования, что для геоморфологических и инструментальных методов изучения неотектоники большая редкость (в основном исследователям приходится довольствоваться точечными наблюдениями или наблюдениями вдоль профилей). Морфометрический метод основан на предположении о том, что движения земной коры, взаимодействуя с экзогенными процессами, преодолевают их выравнивающую деятельность и находят в конечном счете свое отражение в современном рельефе и характере речной сети. При выполнении морфометрического анализа рельеф раскладывается на компоненты (уровни, или морфометрические поверхности разных порядков), каждая из которых соответствует определенному этапу неотектонической истории и отображает неотектонические структуры разного порядка: от региональных до локальных. Таким образом, мы можем восстановить историю развития рельефа от современного периода до начала неотектонического или наоборот. А если будем вычитать один уровень из другого, то получим серию разностных поверхностей, которые показывают степень активности неотектонических структур за определенный период тектонического развития региона, давая при этом количественные оценки амплитуд и направлений вертикальных движений. Подробно реализация морфометрического метода с использованием инструментария геоинформационной системы (ГИС) изложена в [16].

2. Сравнительный анализ разновременных данных ДЗ

Для сравнительного анализа данных дистанционного зондирования (ДЗ) были использованы 65 аэрофотоснимков архива 1980 г. и 186 аэрофотоснимков архива 1953 г., а также мозаика снимков WorldView 2008 г. съемки.

При сравнении разновременных данных обнаружилось, что за 55 лет рельеф и ландшафт территории могут претерпевать существенные изменения. Часть изменений имеет явно техногенное происхождение (строительство плотин и запруд, строительство каналов и перенос русла реки). Другие изменения можно почти уверено отнести к проявлениям современной геодинамики. Известно, что если территория испытывает восходящие движения, то ее ландшафт и формы рельефа приобретают специфические очертания [14, 15]: возрастают абсолютные отметки высот, русла рек и других водотоков спрямляются или приобретают резкие повороты (вплоть до 90°), объем выносимого материала увеличивается, стремительно развивается овражная сеть (увеличиваются глубина и линейные размеры оврагов, промоины быстро превращаются в овраги). В случае тектонического опускания территории эрозионные процессы затухают, овраги зарастают, мелкие постоянные и временные водотоки исчезают, а крупные начинают меандрировать.

На исследуемой территории мы обнаружили все перечисленные признаки проявления современных геодинамических процессов. С этой точки зрения интересно рассмотреть историю развития овражно-балочных сетей вблизи поселков Ивашикино и Кутема (рис. 2), которые мы условно назвали сети А, В, С и D. Сети А и В относятся к бассейну реки Сульча, сети С и D впадают в р. Кутеминка, русло которой соединяется с руслом реки Сульча за пределами рассматриваемого участка. Несмотря на то что сети А и В относятся к бассейну одной реки, развивались они по-разному. К 1953 году овраги А и В уже достигли длины 1.5–2 км и имели сеть отвершков. По-видимому, сети находились в стадии активного роста и создавали большие проблемы для ведения сельского хозяйства. Поэтому в период между 1953 и 1980 гг. на реке Сульча была построена запруда вблизи поселка Ивашикино. Ождалось, что развитие овражных сетей прекратится, но реакция сетей оврагов оказалась различной. Несмотря на близость запруды, отвершки овражной сети В продолжили свое развитие. На врезке 3 рис. 2 показан рост оврагов за период с 1953 по 2008 гг. (средняя скорость роста не менее 7 м/год), на врезке 2 – за период с 1980 по 2008 гг. (средняя скорость роста 8–9 м/год). На врезке 2 видно, что в период с 1980 по 2008 гг. овраги пересекли поля и врезались в лесной массив: на снимках 2008 г. линии оврагов видны очень хорошо, на снимках 1953 и 1980 гг. лесной покров выглядит ненарушенным. Для овражной сети А сравнение данных показало, что в период с 1953 по 2008 гг. овраги длиной в ≈ 300–500 м деградировали: на снимке 2008 г. видно, что их долины распаханы, а в рельефе они проявляются лишь как небольшие понижения (врезка 1 рис. 2).

Для овражной сети D сравнение данных показало, что эта сеть за наблюдаемый период времени существенных изменений не претерпевала.

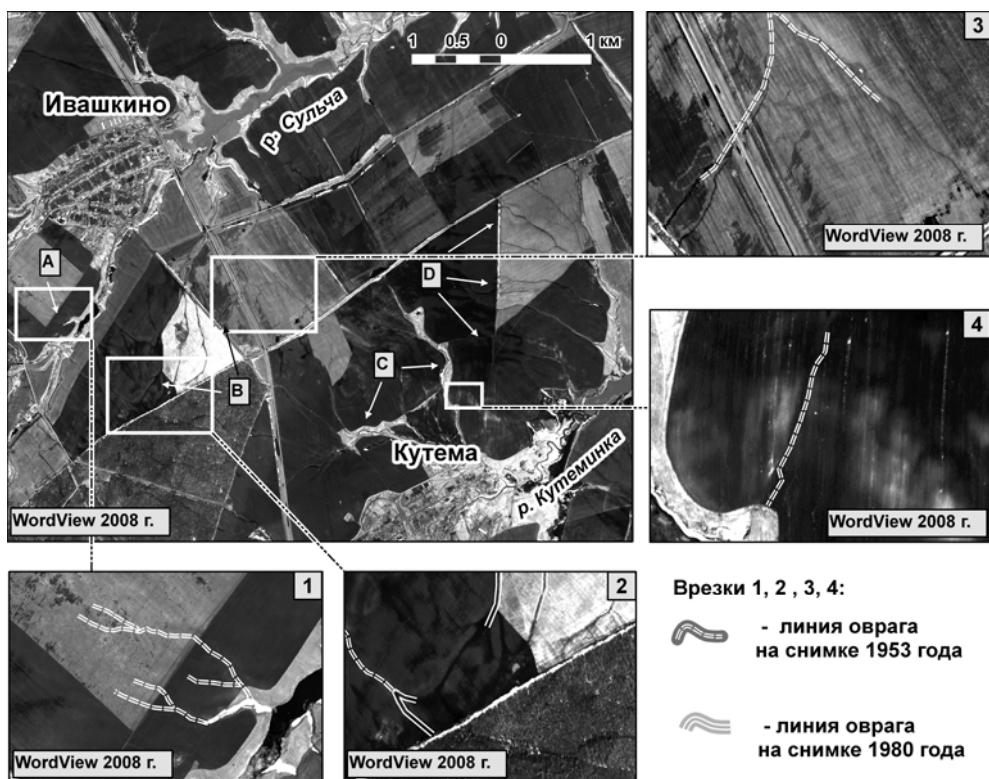


Рис. 2. Сравнение архивных и современных данных: выявление признаков развития эрозионных сетей

Возможно, что установление устойчивого состояния эрозионной сети было обусловлено строительством запруды вблизи п. Кутема. Запруда была построена после 1980 года, но и до строительства плотины ни форма, ни длина ветвей оврагов не изменились.

В наблюдаемый период времени сеть С явно деградировала: отвершки исчезли (врезка 4 рис. 2), а основные овраги окончательно превратились в балки.

Подобные детальные сравнения разновременных данных были выполнены для 246 овражно-балочных сетей на территории Черемшанского района. Для некоторых участков отчетливо установить тенденции развития эрозионных сетей не удалось (например, в лесных массивах уверенно проследить рост овражной сети невозможно). Часть информации также была утеряна из-за низкого качества ряда аэрофотоснимков. Тем не менее удалось сделать ряд интересных наблюдений и выявить десятки участков с проявлениями современной геодинамики как положительного, так и отрицательного знака. 54 овражно-балочные сети демонстрируют признаки активного роста, 70 – деградации, состояние 122 эрозионных сетей не изменилось.

3. Морфометрический анализ

Морфометрический анализ представляет собой инструмент для оценки тектонических движений за неоген-четвертичный период. Техническая реализация этого метода (самостоятельно расчет и построение морфометрических поверхностей)

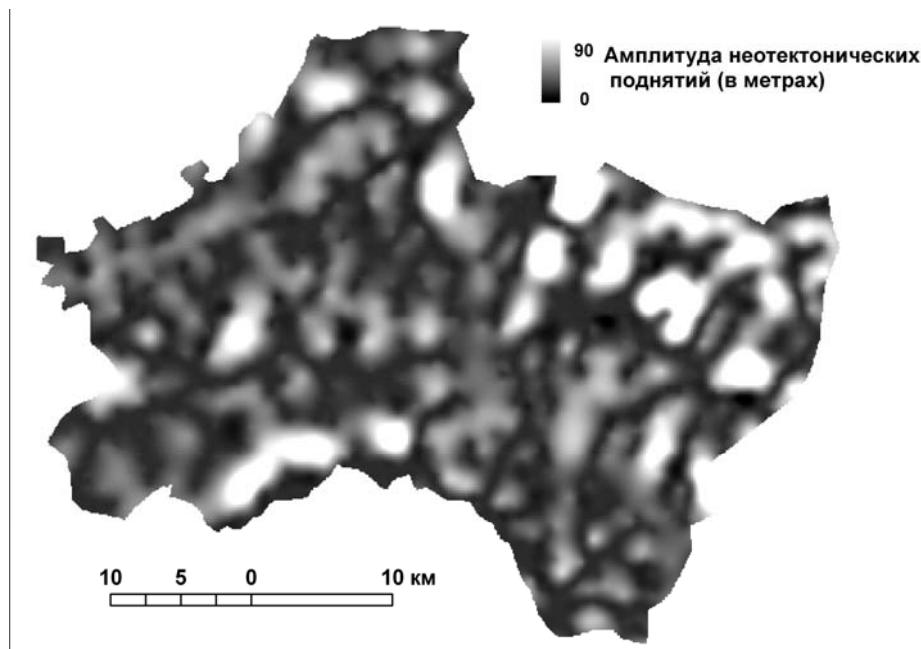


Рис. 3. Разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков

в настоящее время не представляет большой проблемы [16]. Более интересны и важны вопрос интерпретации созданных поверхностей и оценка информативности метода, в частности оценка возраста той или иной поверхности и, следовательно, возможность оценки скоростей вертикальных движений.

В данном случае нас интересовали разности базисных поверхностей низших порядков. Базисной поверхностью называют поверхность, объединяющую местные базисы эрозии. Базисные поверхности различают по порядкам в соответствии с порядками долин. Долинами 1-го порядка называются долины, в которые не впадают ни какие другие долины, долины 2-го порядка образуются при слиянии двух долин 1-го порядка, а долины 3-го порядка – при слиянии долин 2-го порядка и т. д. [14]. Базисная поверхность 1-го порядка объединяет местные базисы эрозии долин всех порядков, базисная поверхность 2-го порядка – местные базисы эрозии долин 2-го, 3-го и всех более высоких порядков, базисная поверхность 3-го порядка – местные базисы эрозии долин 3-го и всех более высоких порядков и т. д. Базисные поверхности низших порядков незначительно отличаются от дневного рельефа. Если бы тектонические движения отсутствовали, то в начале эрозионного цикла рельеф был бы размыт до базисной поверхности 2-го порядка, затем до поверхности 3-го порядка и т. д. Разности базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков показывают направленность и интенсивность тектонических движений, произошедшие в период времени между современным и самым поздним этапами истории развития рельефа. Разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков для территории Черемшанского района РТ представлена на рис. 3. Расчет базисных поверхностей и их разности был выполнен на основе цифровой модели рельефа масштаба 1:200 000 [16].

Возраст базисных поверхностей выше 1-го порядка может быть определен только приближенно. Долинами 1-го порядка в равнинных странах являются промоины, рассекающие склоны и ложбины стока, возникающие на водораздельных пространствах. Ложбины стока переходят в овраги или балки, а последние – в реки. В условиях умеренного климата речные долины с постоянным стоком воды обычно имеют 3-й или 4-й порядок. В долинах 1-го и 2-го порядков протекают лишь временные ручьи. Следует иметь в виду, что часть балок имеет молодой голоценовый возраст. Поэтому можно считать, что разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков [14] показывает направленность и интенсивность тектонических движений, произошедших в период времени между современным и самым поздним этапами истории развития рельефа (не ранее плейстоцена, ~ 1.6 млн. лет назад).

4. Обсуждение результатов

Вообще говоря, скорость роста оврагов нельзя использовать в качестве прямого признака геодинамической активности исследуемых территорий, так как развитие оврагов является многофакторным процессом, причем на разных этапах развития роль этих факторов может существенно меняться [17–19]. Но использовать скорость роста в качестве косвенного признака вполне обосновано.

Исследования эрозионных процессов на территории Европейской России, в частности Республики Татарстан (РТ), [17, 18, 20] за последние 70 лет указывают, что общая продолжительность жизни оврагов в среднем составляет 100–150 лет, после чего они переходят в молодые балки. Считается, что современный этап овражной эрозии спровоцирован хозяйственной деятельностью человека. Получив первоначальный толчок для своего развития, эрозия на первых порах развивается весьма стремительно (первые 15–20 лет). Затем при стабильном положении всех факторов, влияющих на рост оврагов, происходит плавное и медленное затухание эрозионного процесса. С другой стороны, в тех же источниках указываются многочисленные примеры отклонения в истории развития оврагов от традиционной стадийности [17–19, 23]:

- анализ кривых скоростей линейного роста оврагов обнаруживает наличие периодичности (3–5 лет). Пульсационный характер роста оврагов обычно связывается с гидрометеорологическими условиями того или иного рода. Но в целом значения показателей связи между отдельными гидрометеорологическими и геоморфологическими факторами не очень высокие [18];
- многие длительно существующие овраги зарастают, прекращают или замедляют свой рост, но возникают новые или развиваются боковые отвершки у старых форм [17];
- противоэрэзионные мероприятия далеко не всегда приводят к желаемому эффекту [17, 19]. Помимо многочисленных упоминаний этого факта в литературе, наглядный пример этого факта также приводится и в настоящей работе;
- современный этап эрозионной активности не является единственным и первым. В геологической истории территории Татарстана (и Русской равнины в целом) были периоды, когда линейная эрозия охватывала более значительные пространства. Доказательством этого являются древние балки, многие из которых

заложились в виде оврагов или долин небольших речушек в начале позднего плейстоцена [17].

В работе [17] также указывается, что в большинстве районов РТ густота балок значительно превышает густоту оврагов. Это, по мнению авторов монографии, свидетельствует о том, что современная эрозия еще не достигла масштабов древней. Авторы монографии отмечают также, что хотя первичные овраги преобладают над вторичными вдвое и более раз и современная эрозия в большинстве случаев осваивает новые участки, нет оснований говорить о явной независимости нынешней эрозии от древней. Положение не только вторичных, но и в значительной степени первичных оврагов предопределено реликтовыми формами (часть первичных оврагов закладывается по склонам балок).

Вышеперечисленные факты свидетельствуют о том, что жизненный цикл эрозионных сетей помимо очевидных факторов (объем водного стока, уклон, состав горных пород, залесенность, интенсивность и продолжительность снеготаяния, распашка земель и др.) определяется более масштабными процессами, обусловливающими не только эти, но и все другие явления, формирующие облик Земли. К таким масштабным процессам, по нашему мнению, прежде всего, необходимо отнести тектонические события, периодические или событийные, которые в конечном итоге выражаются в вертикальных движениях блоков земной коры и отвечают за формирование высот, уклонов и форм склонов. В поисках причин активизации и затухания эрозионных процессов исследователи изучали зависимости параметров роста оврагов от метеорологических и др. показателей. Но, как указывается в работе [18], коэффициенты корреляции в большинстве случаев оказывались невысокими (< 0.5), за исключением зависимостей показателей овражности от размываемости грунтов. Натурные наблюдения и результаты моделирования [19] приводят геоморфологов к выводу, что на интенсивность роста и размеры оврага наибольшее влияние оказывают глубина базиса эрозии и форма склона. По данным Дедкова и др. [17], положительные и отрицательные аномалии роста оврагов в целом хорошо увязываются с аномалиями стока взвешенных наносов на реках Восточно-Европейской платформы, хотя полного соответствия нет. Но при прочих равных условиях, скорости потока, изменение его транспортирующей способности также зависят от глубины базиса эрозии и формы склонов. При большой крутизне и большой глубине базиса эрозии верховья оврага могут настолько близко подходить к линии водораздела, что ширина зоны отсутствия эрозии становится исчезающе малой. Конечно, нельзя забывать о естественных колебаниях климата и общей увлажненности, которые, несомненно, вызывают изменения высоты глобального базиса эрозии. Но изменение формы склонов и относительных высот местных базисов эрозии может быть объяснено только с позиции неотектоники.

Соотношение проявлений современной геодинамики и неотектонических движений можно проанализировать, сравнивая результаты анализа развития эрозионных сетей (по данным ДЗ) с результатами морфометрического анализа. На рис. 4, *a* приводится фрагмент карты неотектонической активности, созданной для территории Черемшанского района, а также распределение областей проявления современной геодинамической активности по амплитудам новейших

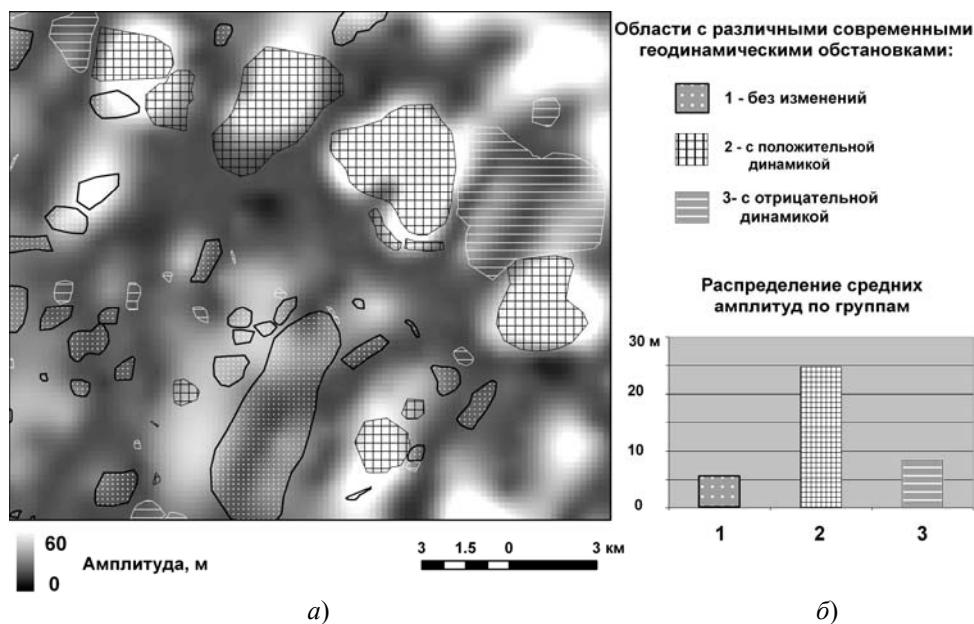


Рис. 4. Сопоставление проявлений современной геодинамики и признаков неотектонической активности в пределах территории исследования

вертикальных движений (рис. 4, б). Растворой подложкой рисунка является разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков (рис. 3). Как уже указывалось выше, этот вид морфометрической поверхности показывает направленность и интенсивность тектонических движений, произошедших за самые поздние этапы истории развития рельефа. Следовательно, эта поверхность является отражением современного тектонодинамического состояния исследуемой территории. Так как поверхность была рассчитана на основе ЦМР масштаба 1:200 000, представленные на ней неотектонические формы являются региональными для наших более детальных исследований. На диаграмме (рис. 4, б) показаны средние значения амплитуд вертикальных движений в пределах каждого типа полигонов, представляющих области, где исследовались верховья оврагов. Очевидно, что существует прямая связь между проявлениями неотектонической активности и проявлениями современной геодинамики: области деградации или стабильного состояния эрозионной сети приурочены к областям неотектонического спокойствия, области с положительной динамикой расположены в непосредственной близости к средне- и высокоамплитудным неотектоническим поднятиям. Этот факт, помимо того, что он еще раз подтверждает основные положения теории формирования современных форм рельефа, может быть использован и в чисто практических целях. Например, мы можем уверенно сказать, что при всех прочих равных условиях геологические предпосылки возобновления роста овражных сетей в областях низких амплитуд неотектонических движений отсутствуют, и в ближайшем будущем здесь можно вести выращивание сельскохозяйственных культур без опаски серьезного разрушения почвенного покрова. Напротив, вырубка лесов на активно поднимающихся водоразделах может привести к быстрому росту оврагов и разрушению почв.

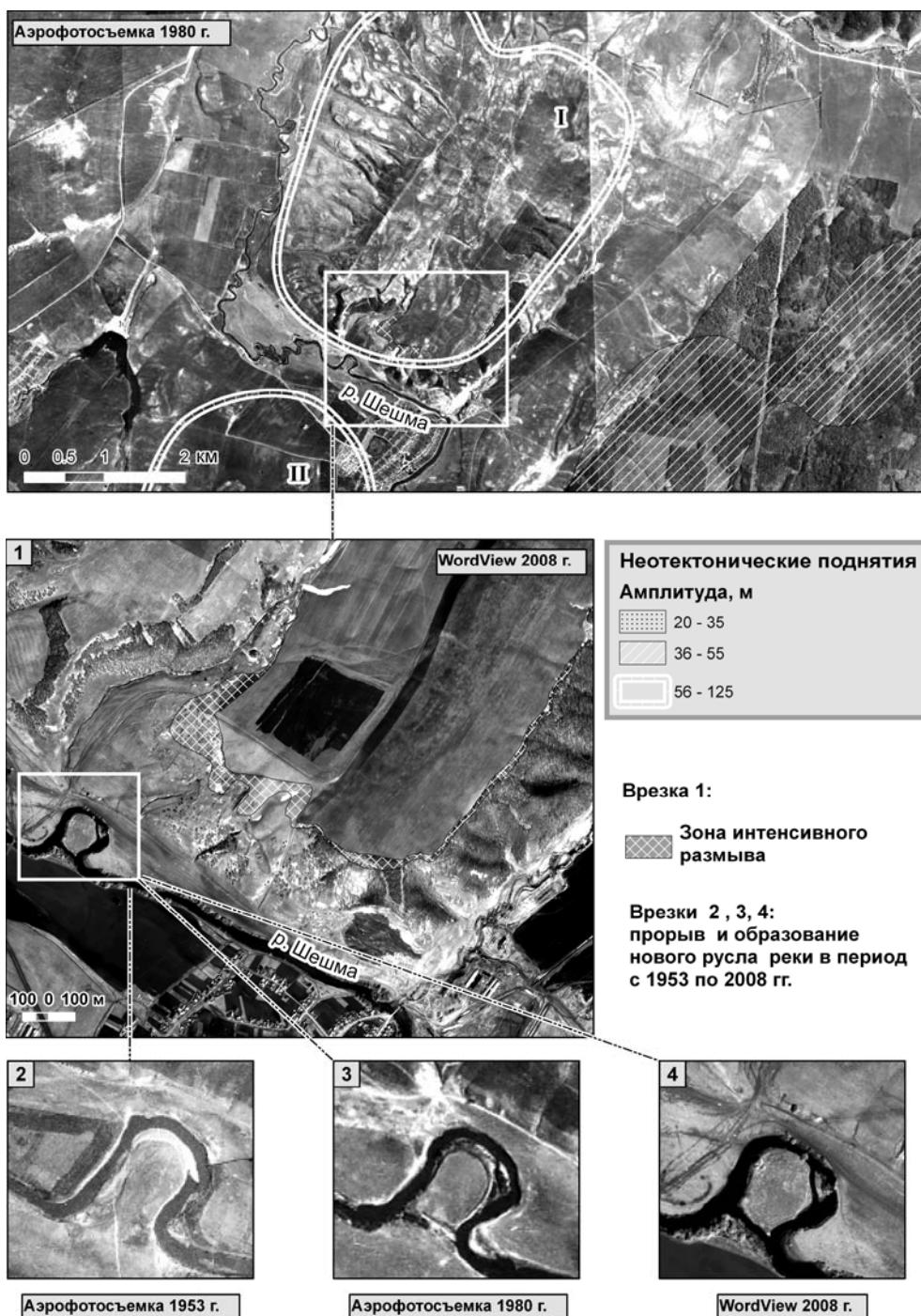


Рис. 5. Формирование элементов рельефа и ландшафта под действием неотектонических факторов

На рис. 5 и 6 показаны еще несколько ярких примеров взаимосвязи проявлений современной геодинамики и неотектоники. На аэрофотоснимок 1980 г. съемки наложены контуры высокоамплитудных неотектонических поднятий (рис. 5).

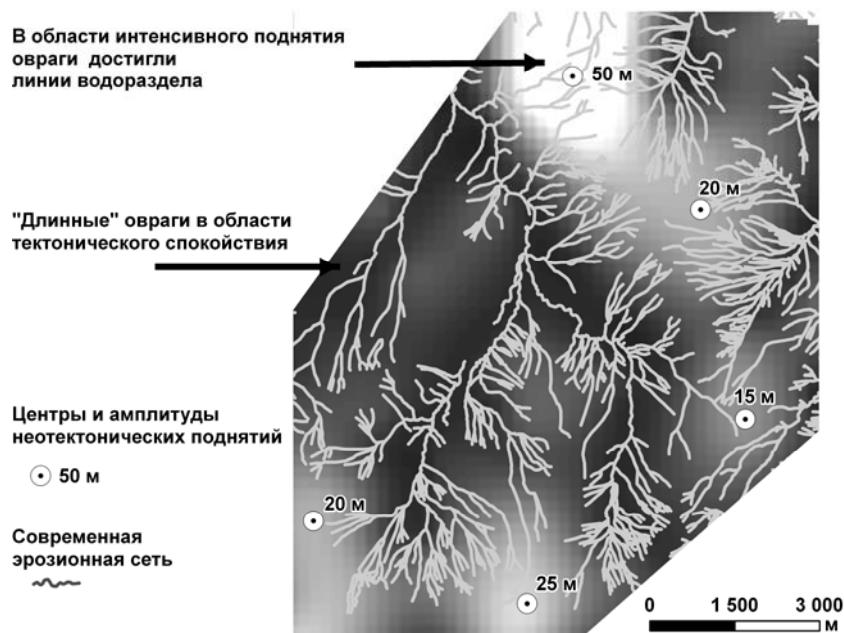


Рис. 6. Поведение эрозионных сетей вблизи и на некотором удалении от центров неотектонических поднятий

На снимке видно, что поднятие I лишено лесной растительности и почти полностью изрыто эрозионными формами по типу бедленда. Кроме того, поднятие I имеет очень крутые склоны, изрезанные оврагами (см. врезку 1 рис. 5). Происходит интенсивный размыв склонов: штриховой заливкой показана площадь, которая была размыта в период с 1980 по 2008 гг. (здесь склон был размыт и полностью разрушен). На рисунке видно, что русло реки Шешма в этом месте оказалось зажатым между двумя высокоамплитудными поднятиями I и II. Помимо того, что русло поворачивается на 90°, огибаю неотектоническое поднятие I, на разновременных снимках мы наблюдаем процесс спрямления русла реки (врезки 2–4 на рис. 5). На снимке (и на стереопаре) видно, что на этом участке оба берега Шешмы очень крутые.

На рис. 6 показан фрагмент современной эрозионной сети, оцифрованной по данным ДЗ. Видно, что рисунок сети определяется не столько абсолютными отметками высот, сколько распределением центров неотектонических поднятий. Поднимающимся участкам соответствует большая густота эрозионной сети, центробежный или радиальный план долинной сети, относительное уменьшение длины долин (короткие овраги). В пределах тектонических впадин нарастание порядков долин идет медленно, длина долин значительно увеличивается. Мы наблюдаем, как образуются длинные овраги: долины оврагов и балок тянутся через области неотектонического спокойствия к центрам неотектонических поднятий. Здесь отмечается классическое поведение эрозионных сетей, многократно описанное геоморфологами, изучающими неотектонические факторы формирования рельефа [14, 15]. Геоморфологи, изучающие стадийность и экзогенные факторы развития эрозионных сетей, неотектонический фактор как таковой не рассматривают [17–23].

Таким образом, наши исследования подтверждают существование непосредственной связи между проявлениями современной геодинамики и неотектоническими движениями. Давно известно, что морфометрический анализ дает хорошую «отдачу» при использовании на платформах, где позволяет выявлять пологие погребенные поднятия, слабо отражающиеся в рельефе. Но сейчас нам стал более понятен геологический смысл разности базисных поверхностей низших порядков. Если наложить линии водотоков 1-го и 2-го порядков (в нашем случае полученные в результате моделирования на основе ЦМР масштаба 1:200 000) на аэрофотоснимки, то легко определить, что смоделированные водотоки 2-го порядка по форме и высотному положению соответствуют долинам современных оврагов и балок, а водотоки 1-го порядка – наиболее крупным отвершкам оврагов. Из этого следует, что возраст базисной поверхности 1-го порядка мы можем принять равным $\sim 10^2$ лет, а возраст базисной поверхности 2-го порядка – как позднеплейстоценовый ($\sim 10^4$ лет). Следовательно, временной интервал, в течение которого образовалась базисная поверхность 2-го порядка, мы можем оценить как $\sim 10^4$ лет. Средняя и максимальная оценки амплитуд поднятий на разности базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков составляют ≈ 10 и ≈ 100 м соответственно. Из этого следует, что средние скорости современных движений оцениваются в ~ 1 мм/год, а максимальные – в 10 мм/год, что не противоречит инструментальным измерениям на платформах [24].

Таким образом, разность базисных поверхностей низших порядков можно использовать в качестве достаточно надежного источника информации о современном геодинамическом состоянии исследуемых территорий. Если использовать в качестве исходных данных топокарты или ЦМР более крупных масштабов, можно получать более детальные неотектонические схемы, с помощью которых можно локализовать зоны высокой геодинамической активности, выявить геологические (тектонические) предпосылки для возникновения опасных или негативных для развития ландшафтов явлений: от потери почв и сокращения площадей сельхозугодий до возникновения природно-техногенных ЧП (аварии на трубопроводах, разрушение зданий, дорог, мостов, промышленных сооружений).

Заключение

Методические приемы, описанные выше, могут быть применены для любых участков платформенных областей с развитыми эрозионными сетями. Основным преимуществом данной методики является площадное представление результатов анализа. Было бы интересно получить подобные результаты и для других участков платформ. Большой объем накопленной информации позволил бы с большей уверенностью говорить о характере взаимосвязи между процессами современной геодинамики и неотектоники, которая, по нашему мнению, определенно существует.

В дальнейшем мы предполагаем расширить свою методику за счет привлечения данных радиолокационной съемки, позволяющей обнаруживать смещения дневной поверхности с точностью до первых сантиметров и даже миллиметров. Результаты подобных исследований весьма ценные, так как дают количественные оценки амплитуд смещений и скоростей протекания деформирую-

ших процессов. При этом наблюдения охватывают сотни и даже тысячи квадратных километров.

По нашему мнению, комплексная методика качественной и количественной оценок деформаций верхней части земной коры должна содержать три составляющие: анализ и интерпретация данных радиолокационной съемки (как способ оценки кратковременных деформаций, произошедших в течение нескольких месяцев), сравнительный анализ данных архивной аэрофото- и космосъемки (как способ оценки интенсивности и направленности деформирующих движений за более продолжительные промежутки времени – десятки лет) и морфометрический анализ (как способ оценки качественных и количественных характеристик деформирующих движений за неотектонический период).

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (ГК № П794).

Summary

I.Yu. Chernova, I.I. Nugmanov, O.V. Luneva, A.N. Dautov. Relationship between Neotectonics and Modern Geodynamics.

The paper displays the effectiveness of using a morphometric method for the prediction and localization of high geodynamic activity. A complex method for evaluating the deformations of the upper part of the crust is proposed. The results of the study confirm the existence of a direct link between the manifestations of modern geodynamics and neotectonic movements.

Key words: geodynamics, neotectonics, rate of deformation, remote sensing data.

Литература

1. Касьянова Н.А. Экологические риски и геодинамика. – М.: Науч. мир, 2003. – 332 с.
2. Смирнова М.Н. Роль землетрясений в открытии нефтяных и газовых месторождений // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. – М.: Наука, 2000. – С. 115–122.
3. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловича, Ю.К. Щукина. Кн. 1: Землетрясения. – Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2007. – 381 с.
4. Турунтаев С.Б. Разработка месторождений углеводородов и сейсмичность // Физические процессы в геосферах: их проявление и взаимодействие. (Геофизика сильных возмущений): Сб. науч. тр. – М.: ИДГ РАН, 1999. – С. 80–97.
5. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломных зон осадочных бассейнов и процессы подготовки землетрясений // Прогноз землетрясений. – М.; Душанбе: Дониш, 1989. – № 11. – С. 52–60.
6. Ворожцов Л.Н., Гамбурцев А.Г., Кузьмин Ю.О., Пантелейева Г.А. Мониторинг на месторождениях нефти и газа // Физические основы сейсмического метода. Нетрадиционная геофизика. – М.: Наука, 1991. – С. 71–79.
7. Филатов А.В. Обнаружение подвижек земной поверхности в зоне интенсивной нефтедобычи методами радарной интерферометрии // Вестн. Югорск. гос. ун-та. – 2006. – № 4. – С. 103–109.
8. Гатиятуллин Р.Н., Залялов И.М., Кошуркин П.И., Кузьмин Ю.О., Рахматуллин М.Х. Изучение современных деформационных и сейсмических процессов на Ромашкин-

- ском геодинамическом полигоне // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия экзогенных и эндогенных процессов: Материалы Междунар. конф. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. – С. 222–226.
9. Евтушкин А.В., Филатов А.В. Мониторинг деформаций земной поверхности методом радарной интерферометрии по данным ENVISAT\ASAR и ALOS\PALSAR // Контроль и реабилитации окружающей среды: Материалы VI Междунар. симпозиума / Под общ. ред. М.Р. Кабанова, А.А. Тихомирова. – Томск: Аграф-Пресс, 2008. – С. 263–265.
 10. Baranov Yu., Kantemirov Yu., Kiselevskiy E. Space Radar Monitoring Identifies Earth Surface Subsidence Caused By Oil And Gas Field Development // Oil Gas Eurasia. – 2008. – № 2. – Р. 48–52.
 11. Kantemirov Yu., Baranov Yu., Goryaynov M., Kiselevskiy E. Satellite Radar Interferometric Monitoring Of Natural And Man-Caused Earth Surface Displacements In Oil-And-Gas Fields Areas // Proceedings of III World Stress Map Conference (Frontiers Of Stress Research: Observation, Integration And Application). – Potsdam: GFZ Potsdam, 2008. – Р. 60–64.
 12. Самсонов Р.О., Гафаров Н.А., Баранов Ю.Б., Кантемиров Ю.И., Киселевский Е.В., Никифоров С.Э. Космический мониторинг смещений земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2009. – Спец. вып. «Освоение и разработка месторождений углеводородов». – С. 29–33.
 13. Чернова И.Ю., Нуғманов И.И., Даутов А.Н., Крылов П.С. Мониторинг рельефообразующих процессов с применением фотограмметрии и ГИС // Изв. Самар. Науч. центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 1170–1176.
 14. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / Под ред. А.В. Вострякова. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1975. – 232 с.
 15. Ласточкин А.Н. О неотектонических критериях нефтегазоносности // Изв. ВГО. – 1971. – № 3. – С. 201–215.
 16. Чернова И.Ю., Нуғманов И.И., Даутов А.Н. Применение аналитических функций ГИС для усовершенствования и развития структурно-морфологических методов изучения неотектоники // Геоинформатика/Geoinformatika. – 2010. – № 4. – С. 9–23.
 17. Овражная эрозия востока Русской равнины / Под ред. А.П. Дедкова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. – 141 с.
 18. Бутаков Г.П., Зорина Е.Ф., Никольская И.И., Рысин И.И., Серебренникова И.А., Юсупова В.В. Тенденции развития овражной эрозии в Европейской России // Эрозионные и русловые процессы. – М.: Моск. гос. ун-т, 2000. – Вып. 3. – С. 52–62.
 19. Овражная эрозия / Под ред. Р.С. Чалова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 168 с.
 20. Дедков А.П., Мозжерин В.И., Сафина Г.Р. Современная изменчивость эрозии на востоке Русской равнины // Геоморфология. – 1997. – № 2. – С. 3–8.
 21. Серебренникова И.А., Бутаков Г.П., Юсупова В.В., Денимухаметов Р.Р., Бутаков В.Г., Мачина О.В. Скорости плановых смещений русел рек и экологическая оценка территории юга Татарстана // Четырнадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: Материалы и краткие сообщ. – Уфа: Баш. гос. ун-т, 1999. – 241 с.
 22. Keay-Bright J., Boardma J. Evidence from field-based studies of rates of soil erosion on degraded land in the central Karoo, South Africa // Geomorphology. – 2009. – V. 103, No 3. – P. 455–465.

23. Parkner T., Page M.J., Marutani T., Trustrum N.A. Development and controlling factors of gullies and gully complexes, East Coast, New Zealand // Earth Surf. Process. Landforms. – 2006. – V. 31, No 2. – P. 187–199.
24. Хайн И.Е. Общая геотектоника. – М.: Недра, 1973. – 512 с.

Поступила в редакцию
19.04.11

Чернова Инна Юрьевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики и геоинформационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: inna.chernova@ksu.ru

Нутманов Ильмир Исакандарович – ассистент кафедры геофизики и геоинформационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: nusmumrik@gmail.com

Лунева Ольга Викторовна – инженер кафедры геофизики и геоинформационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: olunjova@yandex.ru

Даутов Айрат Наильевич – аспирант кафедры геофизики и геоинформационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

E-mail: dizel07@yandex.ru