

ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ЦЕЛЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье на примере нефтяного месторождения показан способ применения морфометрических показателей рельефа и расчета коэффициентов корреляции, позволяющие повысить степень достоверности тектонического районирования территории по структурным элементам второго и третьего порядков, а также как один из критериев проверки построения структурных карт.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, коэффициент корреляции, структурные карты, взаимосвязи, расчлененность рельефа, фундамент, девон, ассель.

Получение качественно новой информации о геологическом строении структурно-тектонического этажа для малых нефтяных компаний (МНК) является всегда актуальным и сопряжено немалыми материальными затратами, а выявление новых перспективных поднятий – задача необходимая.

Бурение глубоких скважин и проведение детализационной 2D МОГТ или 3D сейсморазведки сегодня весьма дорого. Следует заметить, что структурное бурение в основном было проведено в 60 – 80-е годы прошлого столетия достаточно плотной сеткой по всей территории Республики Татарстан (Габриэлянц и др., 1985). Имеются также открытые интернет-ресурсы информации о рельефе земной поверхности со спутников в виде космоснимков с разным пространственным разрешением и в виде готовых цифровых моделей рельефа. Наиболее точными являются данные о рельефе земли радарной топографической съемкой Shuttle radar topographic mission (SRTM), предварительно редуцированные. На территории Мухарметовского месторождения систематическая ошибка этих данных составляет не более 10 м по сравнению с материалами Роскартографии. Следует заметить, что данные SRTM на вышеуказанную территорию достоверно передают гипсометрические особенности рельефа. Космоснимки со спутника Landsat 7 ETM+ имеют пространственное разрешение 30 – 15 м, к примеру, канал 8 – панхроматический с пространственным разрешением пикселя 15 метров. Такая разрешающая способность космических снимков достаточна для решения некоторых задач геологоразведочных работ (ГРР).

Авторами предлагается на примере Мухарметовской лицензионной территории способ комплексного анализа материалов структурного бурения, данных ДЗЗ, а также рельефа земной поверхности для повышения достоверности структурных построений, при создании геологической модели изучаемого объекта.

При дешифрировании космических снимков, при работе с цифровой моделью рельефа (ЦМР) необходимо выявить основные и второстепенные компоненты (Бер-

лянт, 2001; Gilbert, 1978). Разложим картографические изображения на составляющие, используя возможности геоинформационных систем (ГИС). Применим процедуры вычленения и схематизации. Так, если преобразовать карту рельефа в карту морфоизогипс, то выявляется основная первично-тектоническая структура рельефа (Рис. 1)

На территории Мухарметовского месторождения пробурено 83 скважины структурного бурения с плотностью бурения 1,3 км²/скв. В качестве опорных поверхностей взяты карта подошвы репера Р1-а ассельского яруса нижнепермских отложений с вертикальной расчлененностью 30 м и ЦМР

Рассмотрим предполагаемые взаимосвязи между строением поверхности кристаллического фундамента и современным рельефом, ограничиваясь территорией Мухарметовского месторождения. Цель анализа с помощью морфометрических показателей, а также методики расчета коэффициентов корреляции найти наличие либо отсутствие взаимосвязей.

К морфометрическим показателям рельефа, на которого оказывают влияние эндогенные и экзогенные процессы относят абсолютную высоту, углы наклонов, экспозицию, горизонтальную и вертикальную расчлененность рельефа.

В морфологическом плане на территории Мухарметовского месторождения высота рельефа земной поверхности достигает 130 м по направлению погружения на восток в сторону реки Ик. Два ручья Искаул и Каратлыелга разделяют территорию на четыре моноблока в северо-восточном направлении с ярко выраженной гипсометрией. В центральной части месторождения находится искусственный водоем с отметкой уреза воды равной 106,2 м.

Для определения уклона рельефа построена карта (Рис. 2). Обязательным условием при составлении карты углов наклона является использование высококачественной крупномасштабной топографической основы, показывающей реальное распределение крутизны склонов. Основой для работы послужила матрица радарной топографической съемки Shuttle radar topographic mission (SRTM).

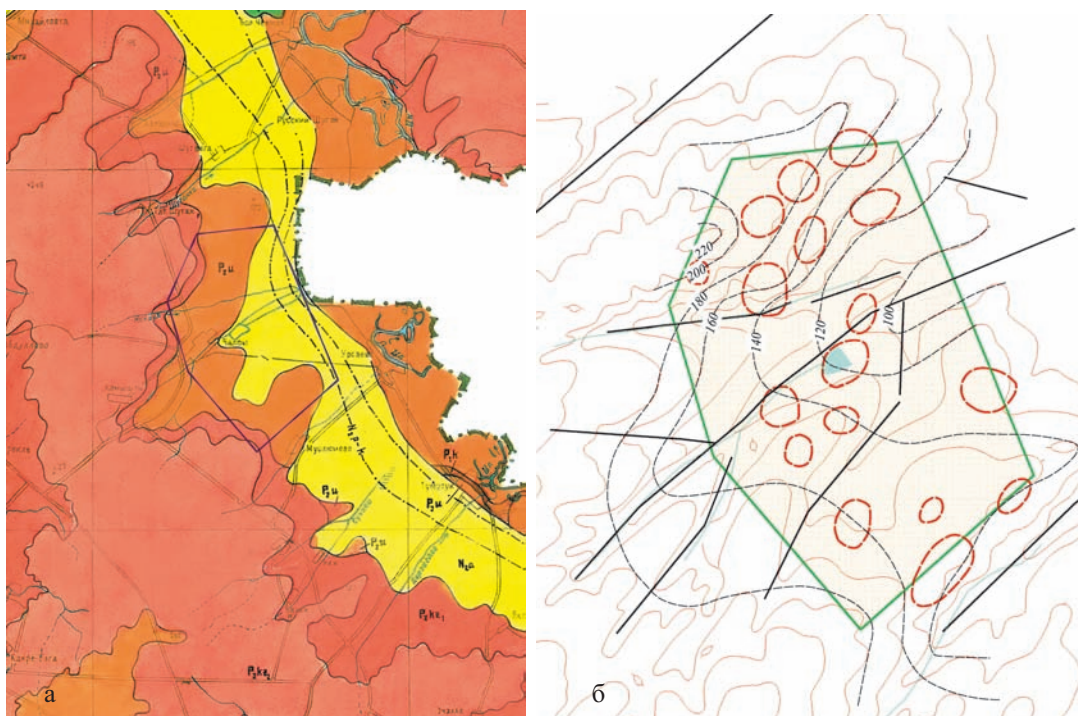


Рис. 1. Выделение на основе геологической карты (а) (авторы: Марамчин, Кузнецов и др.) морфоизогипс (б) в пределах лицензионного участка Мухарметовского месторождения.

Шкала наклонов была разделена на 4 градации: $0^{\circ} - 2^{\circ}$, $2^{\circ} - 4^{\circ}$, $4^{\circ} - 6^{\circ}$, $6^{\circ} - 8^{\circ}$. Освещённость, или экспозиция, склонов относится к основным физико-географическим факторам, влияющим на геоморфологические, климатические, почвенные и геоботанические процессы. При анализе распределения поверхности по экспозиции градацию проведем на 8 румбов. Без учета отсутствующих на территории лицензионного участка горизонтальных поверхностей, преобладают склоны блоков I и II восточного и юго-восточного простирания, составляющие больше половины от общей площади, для блока III преобладает северное и северо-западное простирание, для блока IV – западное и северо-западное.

Показателями интенсивности горизонтального расчленения рельефа является длина тальвегов эрозионных форм на единицу площади. Горизонтальное расчленение характеризуется суммарной длиной расчленяющих линий (тальвегов, длин рек) на единицу площади. Вертикальное расчленение определяют как разность максимальной и мини-

мальной высот в пределах участка. Площадь месторождения составляет $62,5 \text{ км}^2$. Общая длина тальвегов на территории месторождения составляет 116181 м. Следовательно, общее горизонтальное расчленение равно $1,86 \text{ км/км}^2$. Для территории Республики Татарстан классифицируется как слабое расчленение при вертикальной расчлененности равной 131 м. Интенсивность эрозионного расчленения равна 0,25.

Пространственные взаимосвязи структурных форм осадочного чехла со строением фундамента выявлены при сравнении струк-

турных планов и расчетов морфометрических показателей территории. Наиболее морфометрически неустойчивым являются блоки I и III, где сконцентрированы все установленные залежи нефти. Тальвеги, приуроченные к линиям разломов, сонаправлены с линиями прогибов по отложениям девона и карбона и направлены на север, северо-восток с вектором разброса на 25 градусов (Рис. 3).

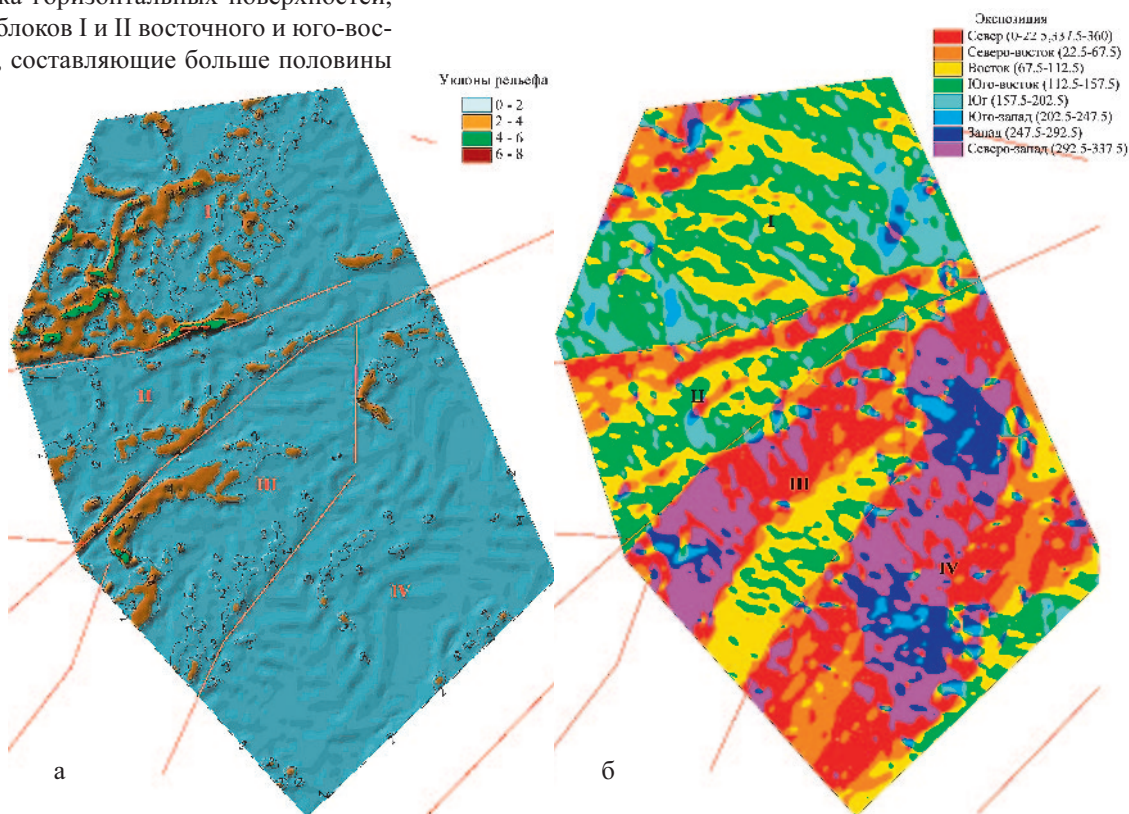


Рис. 2. Карта уклона поверхности рельефа земной поверхности (а) и экспозиции (б) по территории лицензионного участка Мухарметовского месторождения.

В работе (Ларочкина, 2008) говорится, о том, что сравнительный анализ современной структурированности поверхностей осадочной толщи и кристаллического фундамента показывает то, что ведущую роль в формировании структурных форм осадочного чехла принадлежит кристаллическому фундаменту.

Наш анализ, проведенный на основе корреляционного анализа, на участке Мухарметовского месторождения подтверждает данное высказывание.

Коэффициент корреляции – это величина, которая может варьировать в пределах от +1 до -1. В случае полной положительной корреляции этот коэффициент равен плюс 1, а полной отрицательной – минус 1. В случае, если коэффициент корреляции равен 0, переменные линейно независимы друг от друга.

Расчет коэффициента линейной корреляции производится по следующей формуле:

$$r = \frac{\sum (Y_{i1} - Y_{cp})(Y_{i2} - Y_{cp})}{\sqrt{\sum (Y_{i1} - Y_{cp})^2 \sum (Y_{i2} - Y_{cp})^2}}, \quad (1)$$

где r – коэффициент корреляции, Y_{i1} , Y_{i2} – отметки глубин, Y_{cp} – среднее значение глубины, i – число пар данных.

Используя этот коэффициент, следует учитывать, что лучше всего он подходит для оценки взаимосвязи между двумя массивами данных, которые подчиняются нормальному закону распределения. Для нашего случая, речь идет о кривой распределения глубины, т.е. частоты и глубина.

Полученные данные можно систематизировать, воспользовавшись классификацией корреляционных связей (<http://alglib.sources.ru/statistics/correlation.php>, <http://gislab.info>):

- сильная, или тесная при коэффициенте корреляции r больше 0,70;
- средняя при r от 0,50 до 0,69;
- умеренная при r от 0,30 до 0,49;
- слабая при r от 0,20 до 0,29;
- очень слабая при r меньше 0,19.

Проведем анализ статистических зависимостей между структурными поверхностями отражающих сейсмических горизонтов на основе теории корреляции. Оценка взаимосвязи между явлениями предполагает наличие определенной выборки по сравниваемым явлениям (массива данных). Для примера возьмем структурные карты, составленные с использованием материалов структурного, поисково-разведочного бурения и 2D МОГТ сейсморазведки:

- структурная карта поверхности кристаллического фундамента (отражающая граница А);
- структурная карта кровли тиманского горизонта;
- структурная карта кровли пласта-коллектора С1 Бр-1 бобриковского горизонта;
- структурная карта подошвы репера Р1-а ассельского яруса нижнепермских отложений;
- ЦМР или, в данном случае, матрица радарной топографической съемки Shuttle radar topographic mission (SRTM) с расширением .hgt. Материалы получены по данным Исследовательского центра EROS Геологической службы США (USGS) и агентства NASA (ресурс TerraLook

| | Фундамент | Кровля Д1 | С1Бр1 | Р1-а ассель | Рельеф |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------------|--------|
| Фундамент | 1 | | | | |
| Кровля Д1 | 0.79 | 1 | | | |
| С1Бр1 | 0.34 | 0.49 | 1 | | |
| Р1-а ассель | 0.08 | 0.13 | 0.58 | 1 | |
| Рельеф | 0.43 | 0.48 | 0.46 | 0.05 | 1 |

Табл. Коэффициенты структурных поверхностей.

и редуцированы. Построена цифровая модель территории Мухарметовского месторождения сечением рельефа 2,5 метра.

Структурные карты преобразованы в grids и рассчитаны коэффициенты корреляции по вышеуказанной формуле (1).

Коэффициент корреляции между поверхностями кристаллического фундамента и кровле тиманских отложений девона равен 0,79. Далее, рассмотрим взаимосвязь поверхности фундамента и структурной картой кровли пласта-коллектора С1 Бр-1 бобриковского горизонта. Корреляционная связь равна 0,34 и интерпретируется как умеренная. Коэффициент корреляции между поверхностями кристаллического фундамента и структурной картой подошвы репера Р1-а ассельского яруса нижнепермских отложений равен 0,08, что говорит о очень слабой взаимосвязи двух поверхностей, об отсутствии линейной зависимости. Взаимосвязь между поверхностями кристаллического фундамента и дневным рельефом умеренная с коэффициентом корреляции равным 0,43. Результаты расчетов приведены в таблице.

В данной статье показана возможность использования полученных данных морфометрии как способ рекомендательного характера для уточнения контуров структурных форм второго и третьего порядков. Рельефообразующие разломы складчатого фундамента служат границами новейших поднятий и впадин, которые различаются гипсометрией, дробностью эрозионного расчленения и др. особенностями. Гипсометрически повышенные участки с большим эрозионным расчленением отвечают новейшим поднятиям. Низкие, слаборасчлененные участки – новейшим прогибам. Линии тальвегов сонаправлены с линиями прогибов по отложениям девона и карбона и имеют северо-северо-восточное простирание с вектором разброса менее 25 градусов. В результате проведения комплексного анализа уточнено простирание глубинного Холмовского разлома, выделенного в работе (Ларочкина, 2008).

Заключение

Предложенный способ использования морфометрических показателей рельефа и расчета коэффициента корреляции позволяет повысить степень достоверности тектонического районирования территории по структурным элементам второго и третьего порядков, таким образом, служит дополнением при проведении геологического анализа в проектах геологоразведочных работ. Другим важным применением способа является то, что появляется дополнительная информация при изучении соотношения структурных планов по отражающим поверхностям в продуктивных горизонтах осадочного чехла и ранжировании территории по очередности дальнейшего изучения гео-

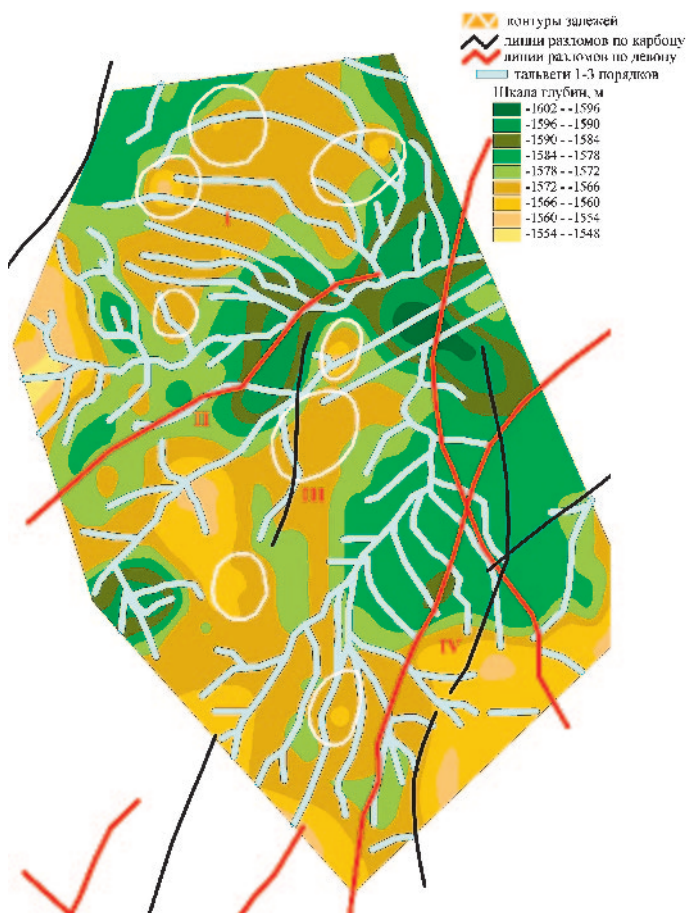


Рис. 3. Комплексная карта результатов анализа материалов структурного бурения и данных космических снимков.

логоразведочными работами. При наличии высокой корреляционной зависимости между отражающими горизонтами в пределах одного тектонического элемента с применением морфометрического анализа появляется возможность структурных построений вышележащих и нижележащих горизонтов.

Литература

- Берлянт А.М. Картография: Учебник-для-вузов. М.:АспектПресс. 2001.
- Габриэлянц Г.А., Порожун В.И., Сорокин Ю.В. Методика поисков и разведки залежей нефти и газа. М.: Недра. 1985.
- Ларочкина И.А. Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан. Казань: Изд-во ООО «ПФ «Гарт». 2008.
- Gilbert N. Statistiques. Montreal. Ed. HRW. 1978.
<http://alglib.sources.ru/statistics/correlation.php>.
<http://gis-lab.info>.

R.R. Ganiev, G.A. Anisimov, O.V. Kaptelinin, F.T. Syrah.
Application of morphometric analysis towards increasing of the reliability of the tectonic rayoniing the territory with small density of G&G data.

In the article on example of an oil field application of morphometric parameters of the relief and the calculation of the correlation coefficient is shown. It may help to improve the reliability of the tectonic rayoniing the territory of the structural elements of the second and third orders, as well as one of the tests for the construction of structural maps.

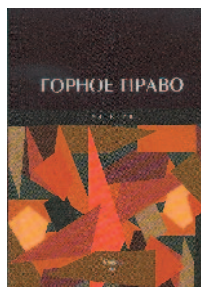
Key words: digital terrain model, the correlation coefficient, structural maps, links, dissected topography, foundation, Devon, Assel.

М.: Изд-во ООО «ПравоТЭК». 2010. 512 с.

Горное право

В.В. Изюмов, В.И. Карасев, М.И. Клеандров
 И.Р. Салиев и др.

Отв. ред: И.А. Ларочкина
 Р. Н. Салиева.



В учебнике определены понятие, предмет, источники горного права, рассмотрена история развития отечественного горного законодательства; дана характеристика горного и нефтегазового законодательства зарубежных стран. Изложены основные правовые вопросы недропользования: право собственности на недра и ресурсы недр; геологическая информация о недрах как объект правоотношений; государственное регулирование отношений недропользования; право пользования недрами; порядок предоставления участков недр в пользование; лицензирование пользования недрами; проектирование, строительство, ликвидация и консервация горных предприятий; рациональное недропользование и охрана недр; соглашение о разделе продукции; ответственность за правонарушения при использовании недрами и др.

Предназначается для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 130400 «Горное дело», по специальностям «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых», а также для студентов, аспирантов и преподавателей юридических вузов, в которых преподается дисциплина «Горное право».

Законодательство изложено по состоянию на 30 января 2009 г.



ISBN 978-5-903262-45-8

Гурий Арсентьевич Анисимов

Заведующий лабораторией подготовки и сопровождения программного обеспечения. Область научных интересов: геоинформационные системы и методы дешифрирования космических снимков Земли.

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук РТ.

420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 275-96-95.

Олег Владиславович Каптелинин

генеральный директор, к.тех.н. Область научных интересов: проблемы разработки нефтяных месторождений, методы повышения нефтеотдачи пластов.

Фоат Тазеевич Сираев

Заместитель генерального директора. Область научных интересов: разработки нефтяных месторождений.

ОАО АКМАЙ

423458, г. Альметьевск, ул. Индустриальная, 11.
 Тел. (8553) 37-10-70.