

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.248.1 (470.111)

Л.В. Панина¹, Е.А. Мануилова²

НЕОТЕКТОНИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Структурно-геоморфологический анализ, включавший визуальное и компьютерное дешифрирование топографических карт и космических снимков, а также статистическую обработку результатов дешифрирования, позволил выявить сводово-блоковый стиль новейших дислокаций в центральной части Западно-Сибирской плиты. Определены их кинематика, обстановка формирования и характер взаимоотношения с глубинными структурами. Показано, что новейшая структура формируется в результате субмеридионального сжатия.

Ключевые слова: неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, дешифрирование, слабая зона, линеамент, разрывы.

The carried out structural and geomorphologic analysis including visual and computer interpretation of the topographic maps and space images supplemented by statistical processing of the results, allowed to reveal arch-block style of the latest structures of the central part of the West-Siberian plate. The kinematics, the formation and the nature of the relationship of the modern structures with ancient ones were determined. It was revealed that neotectonic structure is forming due to submeridional stress.

Key words: neotectonics, structural and geomorphologic analysis, interpretation of the space images, weak zone, lineament, faults.

Введение. Западно-Сибирский эпипалеозойский нефтегазодобывающий мегабассейн в настоящее время испытывает дефицит перспективных ресурсов для поддержания и развития добычи углеводородов. Структурно-геоморфологические исследования, направленные на выявление новейших, выраженных в рельефе дислокаций и установление их взаимосвязей с месторождениями нефти и газа, позволяют разрешить эту проблему. С этой целью нами проведено визуальное и автоматизированное дешифрирование космических изображений высокого разрешения с использованием современных компьютерных технологий, что позволило выявить малоамплитудные поднятия, нарушенные разрывами, часто сдвигами. Сопоставление этих результатов с геолого-геофизическими материалами существенно расширило наши представления о неотектонике и геодинамике района и их связи с месторождениями нефти и газа.

Структурно-геоморфологический анализ. Структурно-геоморфологический метод предполагает качественный и количественный анализ рельефа в горизонтальном и вертикальном сечениях и направлен на выявление конэрозионных (с момента становления структурной формы в рельефе) дислокаций и их типов, а также установление связей с глубинными и древними структурами. Основные положения методики изложены в работе [Костенко, 1999].

Структурно-геоморфологические исследования, выполненные для центральной части Западно-Сибирской плиты, включали визуальное и автоматизированное дешифрирование топографических карт масштабов 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000, спектрзональных космических снимков и радарных изображений. Также интерпретированы построенные геоморфологические профили, затем полученные результаты сопоставлены с геолого-геофизическими материалами.

Визуальное дешифрирование. Район исследования расположен в центральной части Западно-Сибирской плиты и охватывает региональные структуры: западную и центральную части Сибирских Увалов, примыкающий к ним с запада Белогорский материк, частично Северо-Сосьвинское поднятие, а также Среднеобскую и Надымскую впадины, ограничивающие Сибирские Увалы с юга и севера соответственно (рис. 1, 2).

В рельефе *Сибирские Увалы* выражены плоской и пологохолмистой заболоченной субширотной грядой шириной 50–100 км. Абсолютные отметки колеблются от 140–150 м на востоке до 170 м на западе. Северная и южная границы гряды проходят примерно по 100-метровой изолинии рельефа, что хорошо дешифрируется на радарном изображении. В пределах Сибирских Увалов нами выявлена серия мозаично ориентированных локальных поднятий, разделенных, как правило, долинообразными

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: panina53@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, инженер; e-mail: manuilovaekaterina139@gmail.com

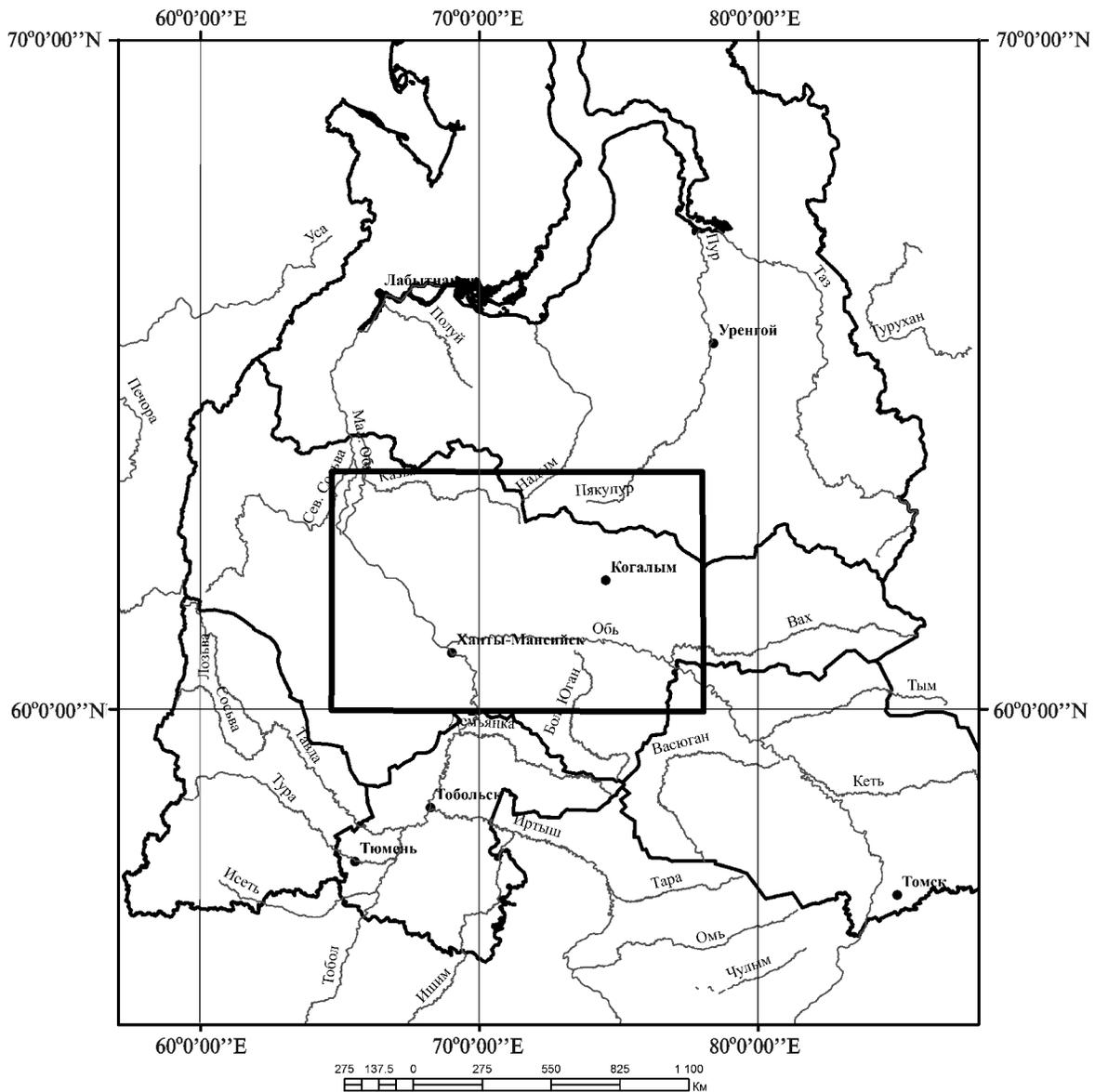


Рис. 1. Местоположение района исследования

впадинами (рис. 2). С запада на восток выделены следующие поднятия: слегка вытянутое в северо-восточном направлении Бобровское³ (1), удлиненное в северо-западном направлении Восточно-Лыхманское (2), изометричное Амнянское (3), вытянутые на северо-восток Помутское (4) и Соромнамутское (5), изометричное Сюньюганское (6). Последнее отделяет западную ветвь по-разному ориентированных поднятий от преимущественно субширотных в восточной части Сибирских Увалов. Абсолютные отметки поднятий колеблются от 130 до 169 м. Субширотные Нумтинское (7) и Татлягаяхинское (8) локальные поднятия выражены в рельефе альтитудами 140–150 м. На северо-востоке выделено Ханаяхинское поднятие (9) с максимальной абсолютной отметкой 141 м.

Поднятия осложнены слабыми зонами (разрывами, зонами с повышенной проницаемостью

и др.) или линеаментами. Термин «линеамент» с некоторыми поправками можно отождествить с термином «слабая зона», если подразумевать под первым тектоническую природу. Мы традиционно придерживаемся термина «слабая зона», как это предложила Н.П. Костенко [1999].

В рыхлых поверхностных образованиях чехла, в условиях равнинного рельефа, эти структуры можно выявить лишь по косвенным признакам, главный из которых — гидросеть. Доминирующие простирания слабых зон в районе исследования — северо-западное и северо-восточное. Согласно построенным розам-диаграммам на западе преобладают северо-западные простирания, а на востоке — северо-восточные. Некоторые из них смещают границы как самого регионального поднятия Сибирские Увалы, так и осложняющих его локальных структур, что указывает на сдвиго-

³ Здесь и далее цифры в скобках — см. рис. 2.

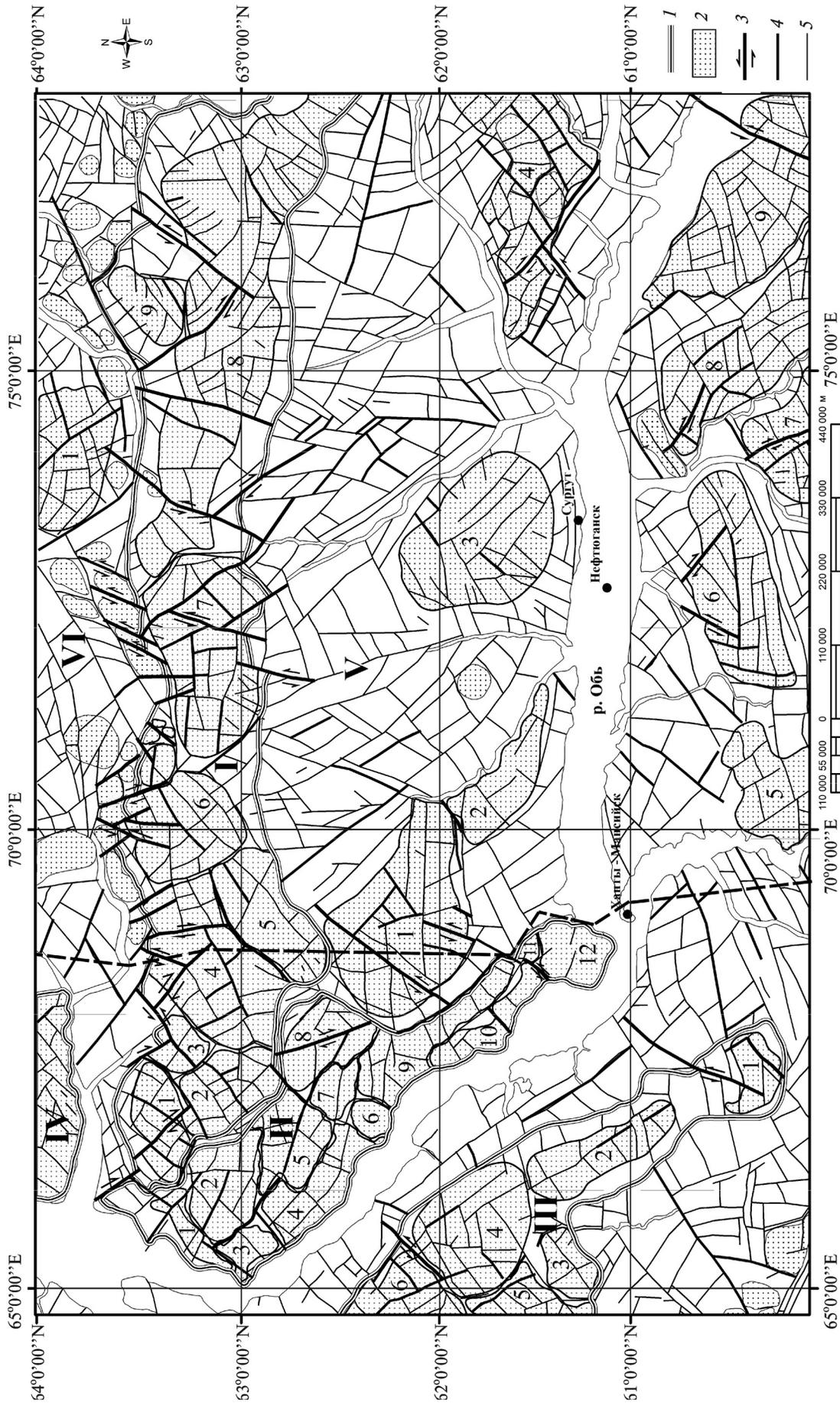


Рис. 2. Структурно-геоморфологическая карта: 1 — региональные структуры: I — Сибирские Увалы, II — Белогорский массив, III — Северо-Сосьвинское поднятие, IV — Салтырское поднятие, V — Среднеобская впадина, VI — Надымская впадина, 2 — локальные поднятия в пределах Сибирских Увалов: 1 — Бобровское, 2 — Восточно-Лыхманское, 3 — Амнянское, 4 — Помурское, 5 — Соромнамурское, 6 — Сюньюганское, 7 — Нумтинское, 8 — Татлягайинское, 9 — Ханаяинское; то же в пределах Белогорского массива: 1 — Вожемурское, 2 — Радомское, 3 — Колтысьянское, 4 — Низьянское, 5 — Западно-Лыхманское, 6 — Аглымское, 7 — Моимское, 8 — Татьюганское, 9 — Назымское, 10 — Западно-Охлымское, 11 — Дурновское, 12 — Елизаровское; то же в пределах Северо-Сосьвинского поднятия: 1 — Пельпыское, 2 — Сохольское, 3 — Ловское, 4 — Мулымьтское, 5 — Емыоганское, 6 — Шольюганское; то же в пределах Среднеобской впадины: 1 — Ненсыганское, 2 — Ляминское, 3 — Сургулское, 4 — Аганское, 5 — Пывьяхское, 6 — Большеебалыкское, 7 — Большееоганское, 8 — Юганское, 9 — Соснинское; то же в пределах Надымской впадины: 1 — Верхненадымское; 3 — сдвиги; 4 — разрывы неустоявленной кинематики; 5 — слабые зоны (линементы)

вую природу этих дислокаций. Северо-западные слабые зоны — правосторонние сдвиги, а северо-восточные — левосторонние. В центральной части Сибирских Увалов (Сюньюганское, Нумтинское, западная часть Татлягаяхинского поднятия) присутствуют слабые зоны субширотного простирания.

Белогорский материк (II) — региональная структура северо-западного простирания, выраженная в рельефе абсолютными отметками до 220 м. С запада она ограничена широкой долиной р. Обь, на северо-востоке — узкой долиной р. Лыхня, на юго-востоке граница проходит по долине р. Назым. В пределах Белогорского материка выделен ряд новейших локальных поднятий. В его северо-западной периферической части расположено сравнительно малоамплитудное (142 м) Вожемурское поднятие (1), вытянутое в северо-восточном направлении. На юго-восток от него следуют изометричное Радомское (2) и слегка удлиненное в субмеридиональном направлении Колтысьянское (3) поднятие с абсолютными отметками 176 и 138 м соответственно. Юго-восточнее расположен ряд поднятий, обрамленных с запада и юго-запада долиной р. Обь: Низямское (4), Атлымское (6), Назымское (9), Западно-Охлымское (10) и Елизаровское (12). Северо-восточнее выявлены Западно-Лыхманское (5), Моимское (7) и Дурновское поднятия (11). На северо-востоке Белогорского материка установлено Татыюганское (8) поднятие (рис. 2). Некоторые поднятия вытянуты в северо-западном направлении (Низямское, Назымское, Западно-Охлымское и др.), другие имеют изометричную форму (Атлымское, Моимское, Татыюганское). Абсолютные отметки колеблются от 111 м (Елизаровское) до 220 м (Западно-Лыхманское).

Выявленные пликативные структуры Белогорского материка нарушены слабыми зонами (или линеементами) в основном северо-западного простирания, лишь в районе Вожемурского и Колтысьянского поднятий преобладает северо-восточное простирание. Некоторые слабые зоны можно интерпретировать как сдвиговые дислокации. Так, Татыюганское поднятие (8) в центральной части осложнено правым сдвигом север-северо-западного простирания, который смещает границу поднятия и уходит южнее, до контуров Белогорского материка. Левосторонний сдвиг северо-восточного простирания, вдоль которого следует долина р. Охлым, приурочен к границе Западно-Охлымманского (10) и Дурновского (11) поднятий. По-видимому, сдвиг продолжается северо-восточнее, смещая границу Белогорского материка, и уходит в область Среднеобской впадины.

Северо-Сосьвинское поднятие (III) северо-западного простирания лишь частично входит в район исследования. В рельефе это холмистая возвышенность с абсолютными отметками до 180 м. Она включает серию локальных поднятий: Пель-

тыпское (1), нарушенное левосторонним сдвигом, Сохольское (2), Ловское (3), изометричное Мульмятское (4), Емьюганское (5), Шошьюганское (6). Сохольское и Шошьюганское поднятия вытянуты в северо-западном направлении, Ловское и Емьюганское — в северо-восточном. Альтитуды их колеблются от 110 (Ловское) до 180 м (Шошьюганское).

Среди выявленных здесь слабых зон доминируют северо-западные и северо-восточные. Сравнительно реже присутствуют субмеридиональные и субширотные.

Салехардское поднятие (IV) фрагментарно входит в район исследования на северо-западе, его абсолютные отметки составляют 130 м. Слабые зоны имеют здесь северо-восточное и северо-западное простирание с преобладанием последнего.

Южнее Сибирских Увалов расположена *Среднеобская впадина*, соответствующая в рельефе одноименной низменности (V). Территория характеризуется сильной заболоченностью, заозеренностью, многочисленными меандрирующими реками и ручьями, низкими абсолютными отметками от 20 до 90 м. Впадина осложнена малоамплитудными (90–130 м) локальными поднятиями, среди которых вытянутые в северо-западном направлении Ненсьюганское (1) и Ляминское (2), изометричное Сургутское (3); Аганское (4). Последнее нарушено право- и левосторонними сдвигами, обусловившими причудливые очертания его границ. Южнее, на левобережье р. Обь, с запада на восток также выявлены малоамплитудные (87–98 м) Пывьяхское (5), Большебалыкское (6), Большеюганское (7), Юганское (8) и Соснинское (9) поднятия. Все они (кроме Пывьяхского) вытянуты в северо-западном и северо-восточном направлениях и нарушены право- и левосторонними сдвигами. Так, например, Соснинское поднятие (9) осложнено левосторонним сдвигом северо-восточного простирания (рис. 2).

Слабые зоны в пределах Среднеобской впадины контролируют долины основных рек и их притоков, преобладают северо-западное и северо-восточное простирания. В восточной части впадины появляются субмеридиональные и субширотные слабые зоны, которые следуют параллельно долине р. Обь.

Севернее Сибирских Увалов в *Надымской впадине* (VI) выделяется Верхненадымское пологое поднятие (1) изометричной формы с абсолютными отметками в сводовой части до 156 м. Выявлена серия мелких частных поднятий изометричной и удлиненной формы, которые иногда контролируются левосторонними сдвигами. Здесь также отдешифрованы слабые зоны преобладающих северо-западного и северо-восточного простираний (рис. 2).

Таким образом, путем визуального структурно-геоморфологического дешифрирования установле-

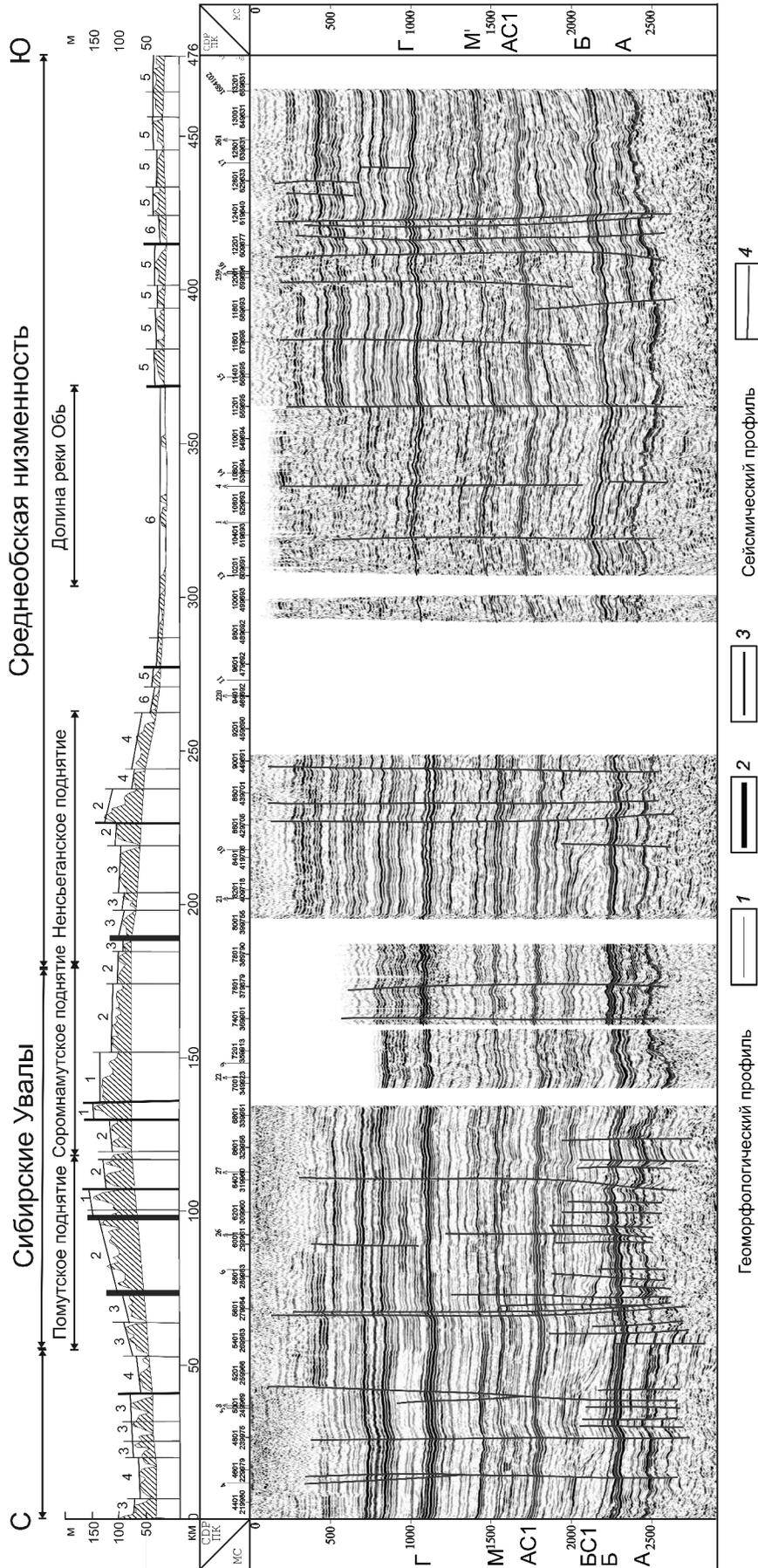


Рис. 3. Сопоставление геоморфологического и сейсмического профилей: 1 — линии, соединяющие высотные уровни; 2 — свдиги, перенесенные со структурно-геоморфологической карты; 3 — разрывы, установленные по геоморфологическому профилю; 4 — разрывы, установленные по сейсмическому профилю. На геоморфологическом профиле шифрами обозначены высотные уровни (м): 1 — 140–160, 2 — 100–120, 3 — 70–80, 4 — 50–60, 5 — 40, 6 — 20–30. На сейсмическом профиле: Г — отражающий горизонт по кровле отложений кузнецовской свиты (K₂t); М' — отражающий горизонт по глинам кошайской пачки алымской свиты (K₁a); АС1 — отражающий горизонт по кровле алымской свиты (K₁a); БС1 — отражающий горизонт по кровле усть-балыкской свиты (K₁v-б); Б — отражающий горизонт по кровле баженовской свиты (J₂t); А — отражающий горизонт по кровле доюрских образований

но, что центральная часть Западно-Сибирской плиты втянута в сводово-блоковое поднятие, результатом которого стали пликвативные дислокации, нарушенные разрывами и слабыми зонами (линеаментами). По наличию в районе исследования установленных нами сдвиговых дислокаций можно определить геодинамическую обстановку. Хорошо читаются в рельефе левые и правые сдвиги северо-восточного и северо-западного простирания соответственно, которые смещают границы как региональных структур (например, Сибирских Увалов), так и локальных поднятий (рис. 2). Сочетание этих сдвигов позволяет говорить о субмеридиональном сжатии, в обстановке которого находится регион. Наличие сдвиговых нарушений в фундаменте и чехле Западно-Сибирской плиты отмечали и другие исследователи [Сим и др., 2008; Тимурзиев, 2014].

Автоматизированное дешифрирование. Дешифрирование проводилось с использованием программы LESSA, позволяющей в автоматизированном режиме обнаруживать линейные элементы рельефа (хребты и долины) и проводить их статистическую обработку [Златопольский, 1988]. Построены карты плотности линеаментов, линий вытянутости, роз-диаграмм и других параметров, которые сравнивали с данными визуального дешифрирования. Сопоставление результатов визуального и автоматизированного дешифрирования показало сходство полученных данных. Построенные с помощью программы LESSA розы-диаграммы отражают простирание слабых зон в районе исследования.

В пределах Сибирских Увалов слабые зоны имеют преимущественно северо-западное простирание на западе, а северо-восточное — господствует на востоке. В районе Белогорского материка розы-диаграммы вытянуты в северо-западном направлении, что совпадает с ориентировкой самого поднятия, за исключением его южной части. Северо-западная ориентировка юго-восточной части Северо-Сосьвинского поднятия подчеркнута доминирующими северо-западными слабыми зонами (линеаментами), что подтверждается розами-диаграммами. В области Среднеобской впадины слабые зоны северо-западного простирания контролируют конфигурацию локальных: Соснинского, Юганского и Большеюганского поднятий. Восточнее, в междуречье Агана и Тромьегана, розы-диаграммы указывают на преобладание слабых зон субмеридионального простирания.

Максимальные значения плотности слабых зон (линеаментов) приурочены к поднятиям, что указывает на их рост, который сопровождается эрозией. Наиболее четкая корреляция отмечена для западной части Сибирских Увалов, в области Белогорского материка, а также в юго-восточной части Северо-Сосьвинского поднятия, где сосредоточены максимумы плотности линеаментов.

В пределах Среднеобской впадины плотностные аномалии приурочены к Аганскому, Ненсьеганскому, Соснинскому и Большебалыкскому локальным поднятиям.

Линии вытянутости гидросети, построенные с помощью программы LESSA, в одних случаях следуют вдоль границ поднятий, подчеркивая их конфигурацию, в других — образуют радиально расходящийся рисунок. В местах изменения простирания линий вытянутости нередко проходят границы поднятий.

Интерпретация и сопоставление геоморфологических и сейсморазведочных профилей. Интерпретация геоморфологических профилей позволила увидеть 6 разновысотных уровней, в результате корреляции которых некоторые слабые зоны, выделенные на картах и снимках, были переведены в ранг малоамплитудных разрывов, а также выявлены новые зоны, пропущенные при дешифрировании. Существенно дополнила информацию о разрывных нарушениях интерпретация сейсмических профилей (рис. 3).

Разрывные нарушения, секущие структуры современного рельефа, нередко прослеживаются в чехле и фундаменте (рис. 3).

При сопоставлении новейших пликвативных дислокаций с глубинными нарушениями чехла и фундамента в одних случаях наблюдается их соответствие (Большеюганское и Сургутское поднятия в Среднеобской низменности; Бобровское и Помутское поднятия Сибирских Увалов), в других — наследуются только фрагменты глубинных структур (юго-восточная часть Сосьвинского поднятия, Ненсьеганское поднятие), причем новейшие поднятия часто превышают размеры поднятий фундамента. Часто наблюдается соответствие наиболее поднятых блоков в рельефе глубинным дислокациям (блоки в пределах Татлягяхинского и Сьюньюганского поднятий). Есть и обращенные формы, например, долинообразная впадина р. Обь, расположенная над поднятием фундамента (рис. 3).

На унаследованность новейшими дислокациями глубинных указывает и сопоставление первых с геолого-геофизическими данными, полученными ранее [Сурков и др., 1984; Денисов и др., 2011]. Хорошо выражены в рельефе западная часть Сибирских увалов, Белогорский материк и юго-восточная часть Северо-Сосьвинского поднятия, которые соответствуют положительным структурам доюрского комплекса. К числу унаследованных можно отнести Сургутское, Аганское, Соснинское, частично Ненсьеганское и Большебалыкское поднятия.

Неотектоника и связь месторождений нефти и газа с новейшими структурами. Начало формирования новейших дислокаций совпадает по времени с регрессией позднеолигоценевого туртасского бассейна и накоплением озерно-аллювиальных от-

ложений нижнемиоценовой амбросимовской свиты [Астапов и др., 2012]. Большинство новейших структур разного ранга, выявленных структурно-геоморфологическим анализом, отражено на карте неотектоники, где показаны суммарные амплитуды движений за весь неоген-четвертичный этап [Карта., 2010]. Заметим, что многие локальные поднятия и разрывные нарушения, в частности сдвиги, на этой карте не проявлены.

На территории исследования расположено несколько нефтегазоносных комплексов (НГК) — ниже-, средне- и верхнеюрский, неокомский и апт-сеноманский. Сопоставление карт месторождений нефти и газа, приуроченных к разным стратиграфическим уровням, с выявленными новейшими дислокациями позволило установить некоторые закономерности в распределении месторождений. Нефтегазовые месторождения тяготеют к новейшим поднятиям или их перифериям (Красноленинское, Рогожниковское, Ольховское, Федоровское и др.), к зонам новейших сдвигов: Большое в пределах Красноленинской нефтегазоносной области (НГО); Апрельское и Западно-Ватлорское в пределах Фроловской НГО; Назымское, Новогоднее, Вынгапуровское, Повховское и др.), к субмеридионально ориентированным слабым зонам и разрывам (Салымское). Установленные закономерности можно объяснить тем, что новейшие деформации, воздействуя на комплексы пород, влияют на перераспределение залежей углеводородов, заставляя их мигрировать по зонам повышенной проницаемости. В условиях субширотного растяжения такими проницаемыми зонами могут быть субмеридиональные зоны разрывов и трещиноватости пород, участки развивающихся локальных поднятий, а также сдвиговые дислокации.

Заключение. Таким образом, в результате исследований уточнено новейшее строение центральной части Западно-Сибирской плиты. В пределах региональных структур, таких, как Сибирские Увалы, Белогорский материк, юго-восточная часть Северо-Сосьвинского поднятия, Салехардское поднятие, выявлены локальные поднятия, разделенные, как правило, узкими

впадинами речных долин. Локальные поднятия также обнаружены в Среднеобской и Надымской впадинах. Пликативные структуры нарушены слабыми зонами (линеаментами) преобладающего северо-западного и северо-восточного простирания, сравнительно реже встречаются субмеридиональные и субширотные направления. По смещению границ региональных структур и локальных поднятий установлены лево- и правосторонние сдвиги. Комбинация левых и правых сдвигов северо-восточного и северо-западного простирания соответственно указывает на обстановку субмеридионального сжатия.

Интерпретация геоморфологических и региональных сейсморазведочных профилей позволила перевести некоторые слабые зоны (линеаменты) в ранг разрывных нарушений и выявить новые. Сочетание пликативных и разрывных дислокаций создает сводово-блоковый стиль новейшего строения центральной части Западно-Сибирской плиты. Многие выявленные новейшие дислокации в разной степени наследуют структуры мезозойско-кайнозойского чехла и фундамента. Так, унаследованной от фундамента является западная часть Сибирских Увалов, Белогорский материк и юго-восточная часть Северо-Сосьвинского поднятия. Структуры Сибирских Увалов, расположенные восточнее меридиана Ханты-Мансийска, новообразованные. К новообразованным также можно отнести некоторые поднятия в пределах Среднеобской впадины (Пывьяхское, Большеюганское, Юганское, Ляминское) и в юго-восточной части Северо-Сосьвинского регионального поднятия (Пельтыпское), что указывает на тенденцию к воздыманию территории на новейшем этапе развития.

Сопоставление карт месторождений нефти и газа, приуроченных к разным стратиграфическим уровням, с новейшими дислокациями позволило установить некоторые закономерности в распределении месторождений. Нефтегазовые месторождения тяготеют к новейшим поднятиям или их перифериям, к зонам новейших сдвигов, а также к субмеридионально ориентированным слабым зонам и разрывам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Астапов А.П., Брадучан Ю.В., Боровский В.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист Р-43. Сургут. Объясн. записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 342 с.

Денисов В.А., Зылева Л.И., Ковригина Е.К. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист Р-42. Ханты-Мансийск. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 343 с.

Златопольский А.А. Пакет прикладных программ выделения и анализа линейных элементов аэрокосмических изображений // Автоматизированный линементный анализ при структурно-геологических и металлогенических исследованиях. М.: Недра, 1988. С. 14–28.

Карта неотектоники. Лист Р-42. Ханты-Мансийск. ГГК-2011. Лист-Р-43. Сургут: ГГК, 2010.

Костенко Н.П. Геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 379 с.

Сим Л.А., Рапопорт А.Б. Неотектонические напряжения, разломная тектоника и нефтегазоносность северной части Колвинского мегавала // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными: Мат-лы XIV Междунар. конфер. Ч. 2. Петрозаводск, 2008. С. 194–197.

Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. М.: Недра, 1984. 143 с.

Тимурзиев А.И. Структуры горизонтального сдвига осадочных бассейнов и опыт применения тектонофизических методов для повышения эффективности поисков, разведки и освоения присдвиговой нефти // Геофизический журнал. 2014. Т.36, № 2. С. 172–183.

Поступила в редакцию
25.03.2017