

УДК 551.248.2

Е.А. Мануилова¹**НОВЕЙШИЙ СТРУКТУРНЫЙ ПЛАН ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ***ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

Структурно-геоморфологический анализ территории Западно-Сибирской плиты позволил установить ее новейший структурный план. Выделены неотектонические области (НО), региональные и локальные новейшие структуры, а также слабые зоны и разрывные нарушения. В результате автоматизированного дешифрирования и построения карт по методу В.П. Филоsofoва уточнены границы региональных структур, выявлены наиболее протяженные разрывные нарушения и сопоставлены полученные данные.

Ключевые слова: неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, автоматизированное дешифрирование, карты по методу В.П. Филоsofoва.

Structural and geomorphological analysis of the territory of the West Siberian plate allowed us to establish its latest structural plan. Neotectonic regions (NO), regional and local newest structures, as well as weak zones and discontinuous faults are identified. Automated decoding and mapping using the method of V.P. Filosofov made it possible to clarify the boundaries of regional structures, identify the most extensive discontinuous violations, and compare the data obtained.

Key words: neotectonics, structural and geomorphologic analysis, automated interpretation, maps by the method of V.P. Filosofov.

Введение. Изучение новейшего структурного плана Западно-Сибирской плиты имеет большое значение не только в теоретическом, но и в прикладном отношении, а именно при поисках месторождений полезных ископаемых, инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях, решении многих экологических проблем и т. д.

Проведение структурно-геоморфологических исследований позволяет установить новейший структурный план и геодинамическую обстановку территории исследования. В результате изучения современных топографических карт, данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) высокого разрешения и их комплексного анализа с использованием различного программного обеспечения (ArcMap, GlobalMapper, LESSA и др.) выявлены выраженные в рельефе малоамплитудные структуры, что существенно расширило наши представления о новейшей тектонике и геодинамике равнинных территорий.

Отмечу, что строением новейшего плана Западно-Сибирской плиты занимались и другие ученые [Зяткова, 1961; Варламов, 1983; Корчуганова, 2013], но это обобщающие работы. Особенность предлагаемого исследования — его более детальный масштаб, что позволяет не только выявить новейшие дислокации на рассматриваемой территории, выраженные в рельефе, но и в дальнейшем проследить их взаимосвязь со структурами фундамента и осадочного чехла, с месторождениями углеводородов и сделать их прогноз.

Материалы и методы исследований. Методика структурно-геоморфологического анализа. Структурно-геоморфологический метод направлен на выявление конэрозионных (с момента появления структурной формы в рельефе) дислокаций и их типов. В основе этого метода лежит анализ гидрографической сети, рисунка и абсолютных отметок современного рельефа, который представляет собой результат как тектонических движений, так и воздействия экзогенных процессов, происходящих на новейшем этапе развития территории. Основные положения методики изложены в работе [Костенко, 1999]. Структурно-геоморфологические исследования включали: визуальное дешифрирование с использованием топографических карт масштаба 1:500 000, спектрзональных космических изображений Landsat и цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM; построение и интерпретацию геоморфологических профилей с использованием компьютерных программ GlobalMapper и CorelDraw.

Дополнительно для уточнения данных визуального дешифрирования выполнена автоматизированная обработка рельефа с использованием программы LESSA [Златопольский, 1988], которая позволяет в автоматизированном режиме обнаруживать линейные элементы рельефа (хребты и долины) и проводить их статистический анализ. Кроме того, были построены карты порядков речных долин и их разности по методу В.П. Филоsofoва [Филоsoфов, 1960].

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, аспирантка; e-mail: manuilovaekaterina139@gmail.com

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты структурно-геоморфологического анализа. В результате визуального структурно-геоморфологического дешифрирования составлена структурно-геоморфологическая карта Западно-Сибирской плиты в масштабе 1: 500 000 (рис. 1).

На карте выделены региональные и локальные структуры, выраженные в рельефе, которые относятся только к самому молодому голоценовому, местами к позднеплиоценово-голоценовому структурному плану региона [Геоморфологическая ..., 1971]. За нижнюю границу неотектонического этапа на территории исследования было принято время регрессии позднеолигоценового туртасского бассейна и накопление озерно-аллювиальных отложений амбросимовской свиты нижнего миоцена [Астапов, 2012; Корчуганова, 2013].

С помощью структурно-геоморфологического анализа выявлен сводово-блоковый стиль новейших дислокаций, представляющий собой сочетание пликативных и разрывных дислокаций. К пликативным дислокациям на территории Западно-Сибирской плиты относятся: 1) региональные поднятия с установленными в их пределах локальными поднятиями, разделенными узкими впадинами; 2) региональные впадины с установленными в их пределах локальными поднятиями; 3) региональные ступени — выровненные, слабонаклоненные поверхности с установленными в их пределах редкими локальными поднятиями; 4) впадины-долины, соответствующие крупным речным долинам; 5) узкие впадины-долины, соответствующие более мелким рекам 2—4-го порядка.

Также установлены разрывные дислокации, которые осложняют пликативные, разделяя их на блоки: 1) слабые зоны — зоны повышенной трещиноватости и дробления пород, термин Н.П. Костенко [Костенко, 1999]; 2) разрывные нарушения (без установления кинематики) — слабые зоны, которые выявлены на геоморфологических профилях; 3) разрывные нарушения со сдвиговой составляющей — слабые зоны или разрывные нарушения, смещающие границы региональных и локальных структур.

На территории Западно-Сибирской плиты на основе преобладающих направлений простирания региональных структур выделены следующие неотектонические области (НО): Ямальская, Гыданская, Приуральская, Сибирско-Увалистая, Приказахстано-Алтайская, Надым-Тазовская, Приенисейская, Присаяно-Енисейская.

Ямальская неотектоническая область расположена на Ямальском п-ове и на юге граничит с Сибирско-Увалистой НО. В ее состав входят *Ямальская и Южно-Ямальская впадины*. Эти впадины имеют удлиненную форму, вытянутую меридионально. В их пределах установлен ряд локальных сводообразных поднятий, амплитуда которых на своде достигает 50—70 м (Ямальская впадина) и 80—85 м (Южно-Ямальская впадина) на сводах.

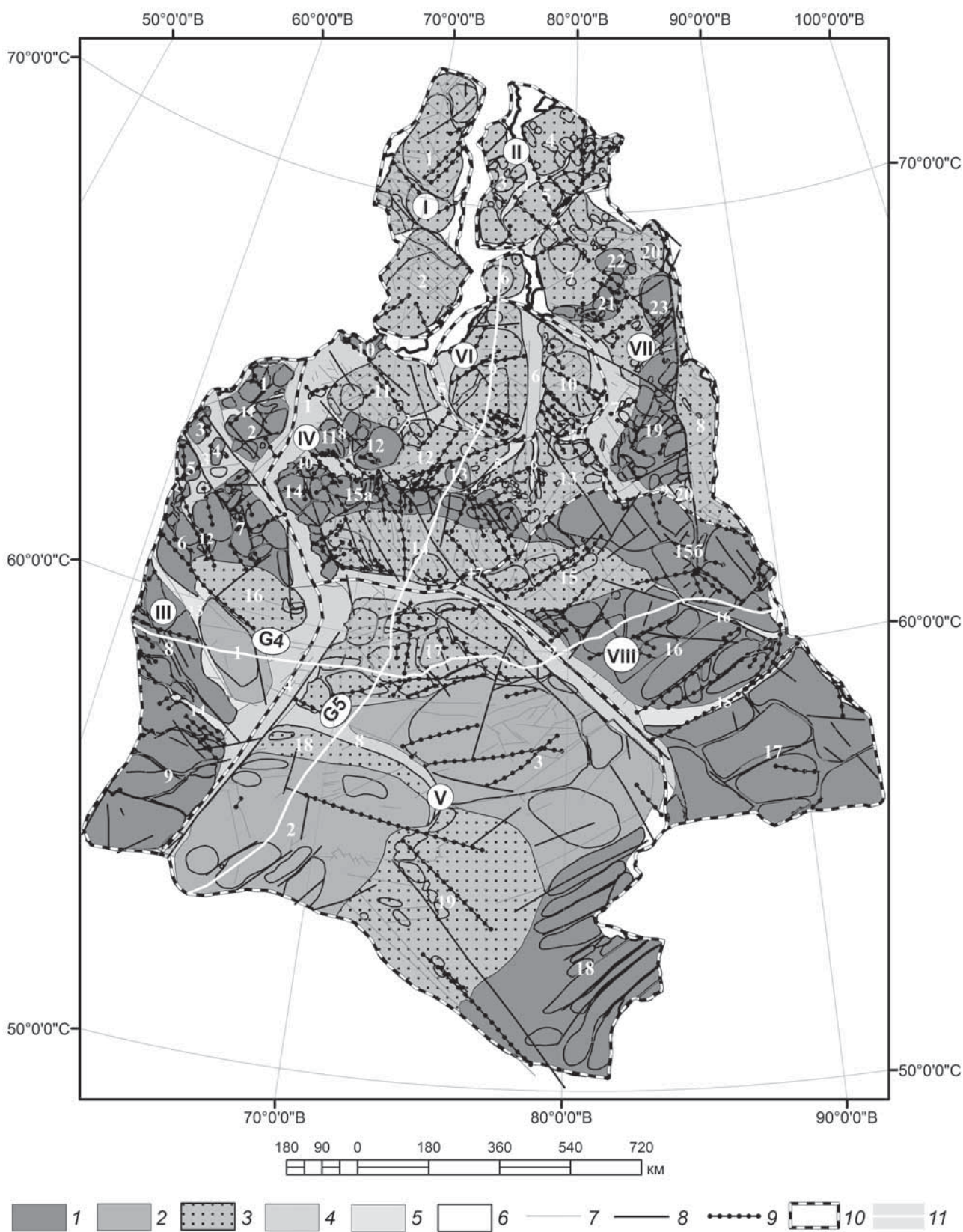
Гыданская неотектоническая область находится в пределах Гыданского п-ова и на юге через Танамскую узкую впадину-долину граничит с Приенисейской НО. Гыданская НО включает четыре отрицательные региональные структуры.

Юрацкая впадина в целом имеет форму, близкую к изометричной, и включает ряд изометричных и меридионально ориентированных внутривпадинных поднятий разного размера с максимальными значениями амплитуды рельефа 80—90 м. **Юрибейская впадина** повторяет контур западного берега Гыданского п-ова и вытянута в меридиональном направлении. В ее пределах выделены локальные поднятия удлиненной формы меридионального (в южной и северной частях впадины) и северо-восточного простирания (в центральной части впадины), амплитуда которых на сводах составляет 70—80 м. **Северо-Гыданская впадина** северо-восточного простирания обладает удлиненной формой. В ее контурах присутствует ряд положительных структур, имеющих в основном северо-восточное простирание и максимальную амплитуду рельефа 120—150 м.

Приуральская неотектоническая область на западе граничит с Уральским горным сооружением, на востоке через Нижнеобскую впадину-долину — с Сибирско-Увалистой НО, а через Тобольско-Обскую впадину-долину — с Приказахстано-Алтайской НО. В состав Приуральской НО входят региональные поднятия, впадины, ступень, впадины-долины и узкие впадины-долины.

Тобольское поднятие расположено на юге Приуральской НО, в целом вытянуто в меридиональном направлении и состоит из серии субшироко ориентированных локальных поднятий с абсолютными отметками рельефа 150—200 м. Через *Турскую узкую впадину-долину* Тобольское поднятие граничит с Турским поднятием, которое имеет северо-западное простирание. Локальные поднятия, входящие в состав этой структуры, имеют удлиненную форму северо-западного и

Рис. 1. Структурно-геоморфологическая карта Западно-Сибирской плиты: 1 — региональные поднятия (1 — Северо-Уральское, 2 — Сосьвинское, 3 — Вольненское, 4 — Люлим-Ворское, 5 — Среднесосьвинские Увалы, 6 — Пельмское, 7 — Сосьвинско-Лысьвинское, 8 — Турское, 9 — Тобольское, 10 — Аксарское, 11 — Казымское, 12 — Вынглорское, 13 — Пякупурское, 14 — Белогорский материк, 15а — Сибирские Увалы — Западный сегмент, 15б — Сибирские Увалы — Восточный сегмент, 16 — Кетско-Тымское, 17 — Чулымское, 18 — Кулундинское, 19 — Худосейское, 20 — Северо-Хетское, 21 — Большехетское, 22 — Северо-Большехетское, 23 — Хетское); 2 — региональные ступени (1 — Тавдинская, 2 — Ишимская, 3 — Васюганская); 3 — региональные впадины (1 — Ямальская, 2 — Южно-Ямальская, 3 — Юрибейская, 4 — Юрацкая, 5 — Северо-Гыданская, 6 — Северо-Тазовская, 7 — Южно-Гыданская, 8 — Приенисейская, 9 — Надымская, 10 — Тазовская, 11 — Полуйская, 12 — Хетская,



13 — Пурпе-Часельская, 14 — Ляминская, 15 — Аганская, 16 — Кондинская, 17 — Юганская, 18 — Иртышская, 19 — Барабинская, 20 — Худосейская); 4 — впадины-долины (1 — Нижне-Обская, 2 — Нижне-Среднеобская, 3 — Северо-Сосьвинская, 4 — Тобольско-Обская, 5 — Надымская, 6 — Пурская, 7 — Тазовская, 8 — Иртышская); 5 — узкие впадины-долины (1 — Юрибейская, 2 — Танамская, 3 — Хейгияхинская, 4 — Надымская, 5 — Пякупурская, 6 — Харампурская, 7 — Часельская, 8 — Тоиттьёганская, 9 — Среднетазовская, 10 — Лыхминская, 11 — Кемпаж-Несьеганская, 12 — Тапсуйская, 13 — Тавдинская, 14 — Турская, 15 — Кетская, 16 — Сымская, 17 — Аганская); 6 — локальные поднятия; 7 — слабые зоны; 8 — разрывные нарушения; 9 — разрывные нарушения со сдвиговой составляющей; 10 — неотектонические области (I — Ямальская, II — Гыданская, III — Приуральская, IV — Сибирско-Увалистая, V — Приказахстано-Алтайская, VI — Надым-Тазовская, VII — Приенисейская, VIII — Присяно-Енисейская); белые линии — геоморфологические профили

субширотного простираения. Абсолютные отметки рельефа на сводах поднятий достигают 140–160 м.

Севернее через *Тавдинскую узкую впадину* расположено *Пелымское поднятие*, также имеющее северо-западное простираение. В его пределах отмечаются локальные поднятия удлиненной (северо-западного и меридионального простираения) и изометричной формы, максимальная амплитуда которых достигает 185–205 м. Восточнее расположена *Тавдинская ступень*, плавно погружающаяся на запад со средними отметками 85–90 м. Выше установлена *Кондинская впадина*, вытянутая в северо-западном направлении. Дно впадины плоское, минимальные отметки рельефа 55–60 м, оно сильно заозерено и заболочено. В восточной части впадины отмечаются локальные поднятия удлиненной формы субмеридионального и субширотного простираения с абсолютными отметками рельефа 100–125 м.

Севернее расположено *Сосьвинско-Лысьвинское поднятие* северо-западного простираения. В пределах этого поднятия установлены разноориентированные локальные положительные структуры удлиненной и изометричной формы. Максимальная амплитуда рельефа в сводовой части поднятия составляет 230–240 м.

В пределах *Северо-Сосьвинской впадины-долины* выявлены: *Среднесосьвинские Увалы* вытянутой формы и северо-западного простираения (абсолютные отметки рельефа 180–190 м), *Люлим-Ворское поднятие* удлиненной в меридиональном направлении формы (абсолютная отметка рельефа 155 м) и *Вольненское поднятие* с формой, близкой к изометричной, северо-восточного простираения (абсолютные отметки рельефа 190–200 м).

На севере Приуральской НО выделены Сосьвинское и Северо-Уральское поднятия, разделенные *Кемпаж-Несьеганской узкой впадиной-долиной*. *Сосьвинское поднятие* ориентировано на северо-восток. В его пределах установлены локальные положительные структуры различной ориентировки с формой, в основном близкой к изометричной, и с максимальными отметками рельефа до 260 м. *Северо-Уральское поднятие* вытянуто в северо-восточном направлении и включает ряд локальных поднятий изометричной и удлиненной формы с абсолютными отметками рельефа до 190 м, в северо-восточной части поднятия — до 290 м.

Сибирско-Увалистая неотектоническая область на западе через Нижнеобскую впадину-долину граничит с Приуральской НО, на севере — с Ямальской НО, на северо-востоке через Надымскую впадину-долину — с Надым-Тазовской НО, на востоке через Тазовскую впадину-долину — с Приенисейской НО, на юго-востоке — с Присяно-Енисейской НО, на юге через Нижне-Среднеобскую впадину-долину — с Приказахстано-Алтайской НО. Сибирско-Увалистая НО включает

региональные поднятия и впадины, разделенные впадинами-долинами.

Белогорский материк — региональная структура северо-западного простираения. В ее пределах установлены локальные поднятия изометричной и удлиненной (в субширотном, северо-западном и северо-восточном направлениях) формы. Максимальные абсолютные отметки рельефа на сводах поднятий достигают 230 м.

Западный сегмент Сибирских Увалов — структура субширотного простираения с полого-холмистой (в западной части) и плоской (в центральной и восточной частях сегмента) поверхностью, заболоченная в центральной части. В ее контурах установлены локальные поднятия в основном удлиненной формы субширотного и северо-западного простираения. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 170 м в западной части сегмента до 150–140 м по мере продвижения на восток. Детальные исследования строения Сибирских Увалов, Белогорского материка и сопредельных впадин представлены в работе [Панина, Мануйлова, 2017].

Казымское, Вынглорское и Пякупурское поднятия имеют изометричную или близкую к изометричной форму и полого-холмистую поверхность. В их пределах выделены локальные положительные структуры изометричной и удлиненной (в северо-восточном, субширотном и меридиональном направлениях) формы с абсолютными отметками на сводах 220, 160 и 155 м соответственно.

Аксарское поднятие обладает V-образной формой и полого-холмистым рельефом. В его пределах установлены локальные поднятия удлиненной (северо-западного и северо-восточного простираения), а также изометричной формы. Абсолютные отметки рельефа на сводах достигают 120–130 м.

Полуйская, Хетская и Пурпе-Часельская впадины имеют близкую к ромбической форму и вытянуты в северо-восточном направлении. Днища впадин полого расчленены. В пределах Хетской и Пурпе-Часельской отрицательных структур выделяются локальные поднятия удлиненной (северо-восточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного простираения) и изометричной формы. Днища впадин интенсивно заозерены и заболочены.

Ляминская впадина имеет удлиненную форму, субширотное простираение и пологую, плавно погружающуюся на юг поверхность, которая интенсивно заболочена и заозерена, с многочисленными реками и ручьями. В пределах структуры установлены локальные поднятия изометричной и сложной формы с абсолютными отметками рельефа 100–125 м.

Приказахстано-Алтайская неотектоническая область расположена в южной части Западно-Сибирской плиты. На севере через Нижне-Среднеобскую впадину-долину она граничит с

Сибирско-Увалистой НО, на востоке — с Присаяно-Енисейской НО, на западе через Тобольско-Обскую впадину-долину — с Приуральской НО. В ее состав входят региональные поднятия, впадины, ступени и впадины-долины.

Барабинское поднятие расположено на юге Приказахстано-Алтайской НО, обладает удлиненной в северо-восточном направлении формой и холмистой поверхностью. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 160 м на севере до 290 м на юге поднятия. В его пределах установлен ряд валлообразных локальных структур северо-восточного простирания, разделенных узкими впадинами, разрабатываемыми слабо меандрирующими реками.

Северо-западнее расположена *Барабинская впадина* изометричной формы с плоской, слабохолмистой поверхностью. Минимальные отметки рельефа составляют 100–120 м. Вдоль правого берега р. Иртыш отмечены локальные поднятия удлиненной формы. На левом берегу также установлены локальные поднятия удлиненной формы северо-западного простирания, расположенные между крупными озерами. Абсолютные отметки локальных поднятий в их сводовых частях составляют 130–140 м.

Западнее и восточнее расположены *Ишимская* и *Васюганская ступени*. Для этих региональных структур характерны плоские, слабохолмистые, пологонаклонные (в северном направлении) поверхности. Абсолютные отметки рельефа изменяются от 180 м на юге до 130 м на севере для Ишимской ступени и от 150 м на юге до 90–100 м на севере Васюганской ступени. В пределах Васюганской ступени отмечены редкие локальные куполовидные структуры, а внутри Ишимской ступени — положительные структуры удлиненной формы северо-восточного (на юге) и субширотного (на севере) простирания. Севернее Ишимской ступени узкой полосой (шириной от 21 до 115 км) протягивается Иртышская впадина с минимальными отметками 65–70 м.

На севере Приказахстано-Алтайской НО фиксируется *Юганская впадина* удлиненной формы, имеющая широтное простирание и слаборасчлененную поверхность. В ее пределах установлен ряд локальных поднятий удлиненной (северо-западного, субширотного простирания) и изометричной формы. Абсолютные отметки рельефа на сводах локальных поднятий варьируют в пределах 85–100 м.

Надым-Тазовская неотектоническая область с юга и юго-запада через Надымскую впадину-долину граничит с Сибирско-Увалистой НО, на северо-западе — с Ямальской НО, на севере, востоке и юго-востоке через Тазовскую впадину-долину — с Приенисейской НО.

Область имеет изометричную форму, в ее состав входят *Надымская* и *Тазовская впадины*, разделенные узкой *Пурской впадиной-долиной*. Эти

структуры обладают удлиненной формой, меридиональным простиранием и полого-холмистой поверхностью. В пределах впадин установлены локальные поднятия изометричной, близкой к изометричной и удлиненной (северо-восточного и меридионального простирания) формой.

Приенисейская неотектоническая область расположена в северо-восточной части Западно-Сибирской плиты вдоль р. Енисей. С севера через Танамскую узкую впадину-долину она граничит с Гыданской НО, с запада через Тазовскую впадину-долину — с Надым-Тазовской и Сибирско-Увалистой НО, на юге через Тазовскую впадину-долину и Среднетазовскую узкую впадину-долину — с Присаяно-Енисейской НО. В целом область вытянута в субмеридиональном направлении. В ее состав входят региональные поднятия и впадины.

Худосейское, Хетское и Северо-Хетское поднятия удлиненной формы имеют субмеридиональное простирание и абсолютные отметки рельефа 170, 200 и 155 м соответственно. Их поверхности интенсивно расчленены. В пределах Хетского и Худосейского поднятий установлен ряд локальных разноориентированных положительных структур изометричной и вытянутой формы. *Северо-Большехетское поднятие* обладает удлиненной формой, субширотным простиранием, абсолютные отметки до 190 м. *Большехетское поднятие* характеризуется изменяющимся простиранием от субширотного до северо-восточного и абсолютными отметками от 120 м на западе до 170 м на северо-востоке поднятия. В пределах структуры выделены локальные поднятия удлиненной (субширотного и северо-восточного простирания) и изометричной формы.

Восточнее Худосейского поднятия расположена *Приенисейская впадина* удлиненной формы и меридионального простирания, плоская, с минимальными отметками рельефа 55–60 м. В ее пределах отмечены единичные локальные поднятия изометричной и удлиненной (субмеридионального простирания) формы. *Северо-Тазовская* и *Южно-Гыданская впадины* со слабохолмистой поверхностью имеют минимальные абсолютные отметки 40–50 м. В их пределах присутствуют локальные поднятия изометричной и удлиненной (северо-западного простирания) формы с абсолютными отметками рельефа 100–140 м в их сводовых частях.

Присаяно-Енисейская неотектоническая область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской плиты и имеет клиновидную форму. На севере через Тазовскую впадину-долину и Среднетазовскую узкую впадину-долину она граничит с Приенисейской НО, с северо-запада через Аганскую узкую впадину-долину — с Сибирско-Увалистой НО, с юго-запада через Нижне-Среднеобскую впадину-долину — с Приказахстано-Алтайской НО. С востока граница

проходит вдоль р. Енисей и граничит с Сибирской платформой и Енисейским кряжем.

Восточный сегмент Сибирских Увалов, расположенный на севере области, обладает удлинённой формой, северо-западным простиранием и холмистой, расчленённой поверхностью с абсолютными отметками рельефа от 150 до 280 м. Он состоит из серии локальных положительных структур широтного и северо-западного простирания с вытянутой формой. Юго-западнее расположена *Аганская впадина* с ромбовидным контуром. Структура имеет северо-восточное простирание и интенсивно заозеренную, заболоченную, с многочисленными реками и притоками, полого падающую на юг поверхность. В ее пределах выделены локальные поднятия удлинённой формы северо-восточного простирания, абсолютные отметки рельефа в сводовых частях составляют 115—130 м.

Кетско-Тымское и Чулымское поднятия ромбовидной и близкой к изометричной формы характеризуются северо-западным простиранием и холмистой, расчленённой поверхностью. В их пределах выделены локальные поднятия в основном удлинённой формы северо-западного, субширотного и субмеридионального простирания. Абсолютные отметки рельефа на сводах варьируют от 150 до 180 м в пределах Кетско-Тымского поднятия и от 170 до 480 м в районе Чулымского поднятия.

Подчеркну, что в распределении региональных структур прослеживается некоторая закономерность. Региональные поднятия расположены в периферийной части плиты, а также узкой полосой пересекают ее середину в субширотном направлении. Впадины расположены в центральной и северной частях плиты. Впадины-долины и узкие впадины-долины соответствуют местоположению крупных рек. Дополнительно рассчитано распределение региональных структур на территории Западно-Сибирской плиты, где большую часть территории занимают региональные впадины (36%) и поднятия (35%), а ступени, впадины-долины и узкие впадины-долины составляют 16, 10 и 2% соответственно.

Установленные пликативные структурные формы осложнены слабыми зонами, для последних доминируют северо-западное и северо-восточное простирания, также отмечены субширотное и субмеридианальное направления.

Результаты интерпретации геоморфологических профилей позволили перевести некоторые слабые зоны в ранг разрывных нарушений (без установления их кинематики). По смещению границ региональных и локальных структур установлены сдвиговые дислокации, которые на территории Западно-Сибирской плиты имеют правосдвиговую составляющую в случае северо-западного простирания и левосдвиговую — при северо-восточном простирании. Такая их комбинация позволяет установить, что новейшие

структуры в целом деформируются в поле напряжений субмеридиональной ориентировки сжатия и субширотного растяжения, что для отдельных районов Западной Сибири установлено рядом исследователей [Сим, Брянцева, 2007; Корчуганова, 2013; Панина, Мануилова 2017].

Таким образом, в результате визуального структурно-геоморфологического дешифрирования на территории Западно-Сибирской плиты установлены пликативные региональные и локальные структуры, осложненные рядом разрывных дислокаций.

Результаты интерпретации геоморфологических профилей. Всего для территории исследования построено 5 продольных и 4 поперечных геоморфологических профиля, которые закладывались вдоль и поперек простирания основных структур по участкам с наилучшей сохранностью водораздельной поверхности. В результате интерпретации геоморфологических профилей установлено 7 высотных уровней, соответствующих определенным новейшим структурам, с указанием их возраста и генезиса (рис. 2).

Первый и второй (сверху вниз) высотные уровни с абсолютными отметками ≥ 250 м и ~ 200 м установлены в сводовых частях Люлим-Ворского, Пелымского, Турского, Сосьвинского, Чулымского, Тобольского, Кетско-Тымского и Кулундинского поднятий, а также в восточном сегменте Сибирских Увалов и на Белогорском материке.

Третий (~ 150 м) и четвертый (~ 125 м) уровни соответствуют сводам поднятий (Средне-Сосьвинские Увалы, Северо-Уральское, Казымское, Западный сегмент Сибирских Увалов, Вынглорское, Аксарское, Сосьвинско-Лысьвинское, Худосейское, Хетское и Северо-Большехетское, Вынглорское, Турское), склонам крупных поднятий (Тобольское, восточный сегмент Сибирских Увалов, Чулымское, Кетско-Тымское), региональным ступеням (Ишимская, Васюганская), а также локальным поднятиям, развитым в пределах Надымской, Юганской, Барабинской, Хетской, Полуйской, Южно-Гыданской и Худосейской впадин.

Пятый уровень (~ 80 — 100 м) отмечен на Талинской ступени и на сводах локальных поднятий в пределах Хетской, Тазовской, Юганской, Ляминской, Северо-Гыданской, Северо-Тазовской, впадин.

Шестой уровень (~ 60 — 70 м) приходится на Кондинскую, Юрибейскую, Южно-Ямальскую, Ямальскую (южная и центральная части) впадины.

Седьмой уровень (< 60 м) отвечает Приенисейской и северной части Ямальской впадины. Кроме того, шестой и седьмой уровни соответствуют впадинам-долинам.

При интерпретации геоморфологических профилей по комплексу признаков [Костенко, 1999] с учетом возраста смещаемых поверхностей (данные взяты с геологических карт) выделены

разрывы без установления их кинематики. В целом поверхности испытывают смещения с амплитудой в среднем до 5–10 м.

В результате интерпретации геоморфологических профилей выделены уровенные поверхности, которые приурочены к определенным новейшим структурам, что позволило перевести слабые зоны, выделенные при дешифрировании в плане, в ранг разрывных нарушений (без установления кинематики) и установить амплитуду вертикальных смещений одновозрастных поверхностей вдоль этих разрывов.

Результаты автоматизированной обработки рельефа. В результате автоматизированной обработки рельефа в программе LESSA [Златопольский, 1988] получены карты линеаментов, линий вытянутости и распределения плотности штрихов, рассчитанные с помощью этой программы.

На карте линеаментов показано их распределение по территории исследования. При сопоставлении слабых зон, выделенных при визуальном дешифрировании, с картой линеаментов, построенной в автоматизированном режиме по эрозионной сети, прослеживается значительная схожесть полученных данных. Заметно, что преобладает северо-западное и северо-восточное простирание слабых зон, которые совпадают с направлениями простирания линеаментов.

Карта линий вытянутости во многом подтверждает результаты визуального дешифрирования. Радиально-расходящийся рисунок линий вытянутости, а также их овальная конфигурация подчеркивают границы региональных и местами локальных структур. В местах перегибов линий вытянутости прослеживаются либо границы новейших структур, либо протяженные слабые зоны.

При сопоставлении карты распределения плотности линеаментов с результатами визуального дешифрирования прослеживается четкая корреляция. Участки с наибольшей плотностью линеаментов соответствуют областям поднятий. Это можно обосновать тем, что поднятия больше подвержены процессам эрозии, а их поверхности характеризуются большей расчлененностью.

Таким образом, результаты, полученные при автоматизированном дешифрировании, позволили уточнить результаты визуального дешифрирования, а при сопоставлении этих данных прослеживается хорошая корреляция.

Результаты построения карт по методу В.П. Философова. Для выявления новейших структур по методу В.П. Философова [Философов, 1960] наиболее информативными оказались карта базисной поверхности, по-

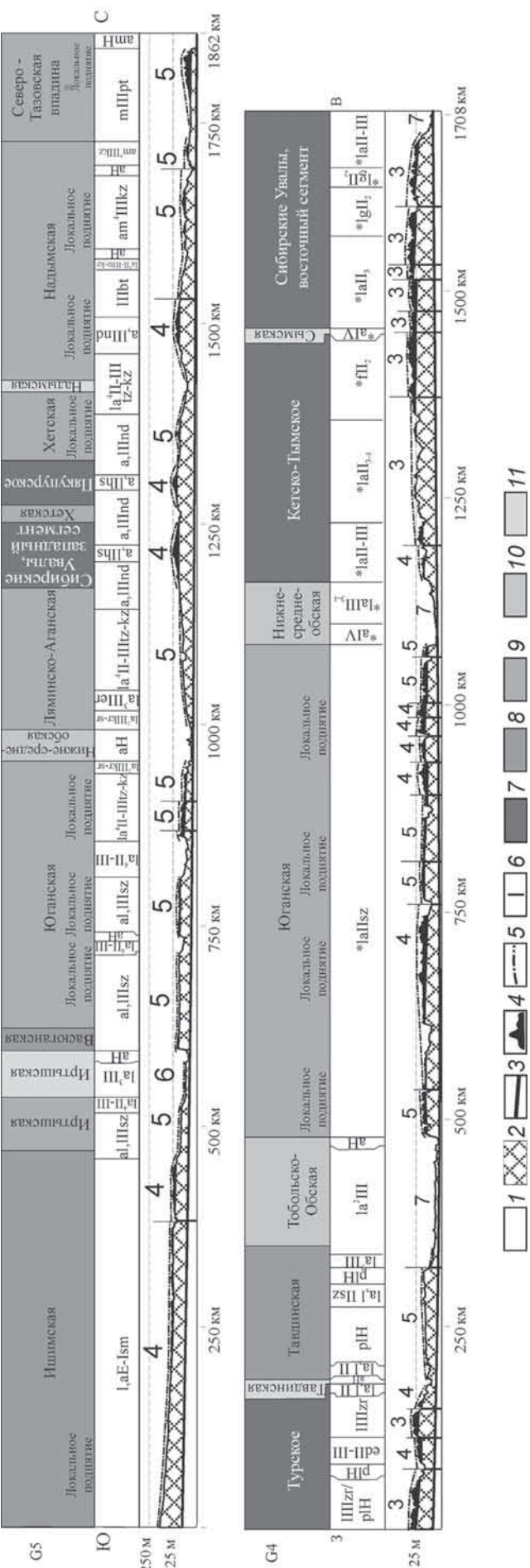


Рис. 2. Геоморфологические профили: 1 — массив, не подвергшийся денудации; 2 — массив, подвергшийся денудации; 3 — линия наиболее глубоких впадин; 4 — зона водораздельной денудации; 5 — обобщающие линии изгибов и наклонов поднятий; 6 — разрывы; 7 — поднятия; 8 — ступени; 9 — ступени; 10 — впадины-долины; 11 — узкие впадины-долины

строенная по долинам 2-го порядка, и карта разности базисных поверхностей, построенных по долинам 2—3-го порядков.

Карта базисной поверхности, построенная по долинам 2-го порядка, отражает движения за голоценовое время и отображает современный облик рельефа, где выделяются области региональных и локальных структур. При сопоставлении этой карты с региональными и локальными структурами, установленными при визуальном дешифрировании, отмечена их хорошая сходимость, а также выраженность в рельефе многих структур.

Карта разницы базисных поверхностей, построенных по долинам 2—3 порядков, показывает локальные структуры, сформировавшиеся в голоценовое время. При сопоставлении этой карты с новейшими структурами, установленными при визуальном дешифрировании, выявлено

совпадение большинства границ локальных поднятий.

Таким образом, комплексирование этого метода с результатами структурно-геоморфологического анализа показывает достаточно хорошую корреляцию выявленных структур, а также позволяет уточнить границы региональных и локальных структур.

Закключение. Результаты структурно-геоморфологического анализа Западно-Сибирской плиты, включавшего визуальное дешифрирование топографических карт масштаба 1:500 000, ЦМР и космических изображений Landsat, построение и интерпретацию геоморфологических профилей, автоматизированное дешифрирование ЦМР в программе LESSA и построение карт по методу В.П. Философова, позволили установить новейший структурный план Западно-Сибирской плиты.

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.: Картограф. фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 342 с.

Варламов И.П. Результаты изучения новейшей тектоники Сибири и оценка перспектив ее нефтегазности по неотектоническим параметрам // Региональная неотектоника Сибири. Новосибирск.: Наука, 1983. С. 78—87.

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

Зятькова Л.К. Геолого-геоморфологические методы выявления локальных структур (Центральная часть Западно-Сибирской низменности). Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. (Тр. СО АН СССР, ИГиГ; Вып. 14). 78 с.

Геоморфологическая карта: Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР, масштаб 1:2 500 000 / Под ред. И.П. Герасимов, А.В. Сидоренко. Л.: Карт. фабрика ВАГТ, 1971.

Корчуганова Н.И. Четвертичный структурный план и широтная зональность Западно-Сибирской равнины // Изв. вузов. Геология и разведка. 2013. № 4. С. 5—10.

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

Панина Л.В., Мануилова Е.А. Неотектоника центральной части Западно-Сибирской плиты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2017. № 4. С. 1—5.

Сим Л.А., Брянцева Г.В. Новейшее напряженное состояние и неотектоника севера Западно-Сибирской плиты // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2007. № 6. С. 3—10.

Философов В. П. Краткое руководство по метрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1960, 69 с.

Поступила в редакцию 29.09.2020

Поступила с доработки 30.10.2020

Принята к публикации 30.10.2020