

Рис. Идентификационная кривая:

- 1 – влажность на границе текучести, 31,5 %,
- 2 – влажность на границе липкости, 27,5 %,
- 3 – влажность на границе раскатывания, 18,6 %

идентификационная кривая лессовидного непросадочного покровно-делювиального суглинка, отобранного в котловане строящегося дома в новом массиве ул. Плехановская – Донбасская. На графике по оси абсцисс отложены значения исходной влажности грунта (в %), по оси ординат – влажность этих же образцов после уплотнения давлением 300 КПа в течение 5 минут. На кривой имеются экстремальные точки, которые соответствуют определенным параметрам грунта. Так, экстремум 1 соответствует влажности на границе текучести этого грунта, экстремум 2 – влажности на границе липкости, а экстремальная точка 3 – влажности грунта на границе раскатывания. Таким образом, по идентификационной кривой можно находить стандартные характеристики грунта быстрее, а главное точнее, чем традиционными способами испытаний.

Следует отметить, что при испытании образцов в течение продолжительности фильтрационной консолидации, что фиксирует прибор, можно оценить минералогический состав глинистых фракций. Отработка этой методики близка к завершению.

Предполагается, что наиболее полезное применение идентификационных кривых грунтов может иметь место при инженерно-геологической съемке местности, при изучении оползней и «больных» мест земляного полотна автомобильных и железных дорог. При дополнительной информации о влажности и плотности грунта в естественном залегании или в теле земляного полотна (что достаточно просто и точно определяется стандартными способами) с помощью идентификационных кривых могут отыскиваться грунтовые аналоги в базах данных. Базы данных могут иметь достаточно полную информацию о физико-механических свойствах грунтов этих объектов по ранее выполненным исследованиям или, например, данные о состоянии объектов, их деформациях, если таковые имели место, и об эффективности ранее выполненных стабилизационных мероприятиях и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоляницкий, Л.А. Оценка свойств грунтов по величине релаксации напряжений / Л.А. Смоляницкий // Российская Академия Наук. Геоэкология, инженерная геология, гидро-геология, геокриология. – № 1. – 1993. – С. 63–76.
2. Мариупольский, Л. Новый метод идентификации грунтов / Л. Мариупольский, Л. Смоляницкий. Геотехнические и геоэкологические исследования. – Riga. – V 1. – № 1. – 1992. – С. 49–54.

УДК 551.24

МОРФОСТРУКТУРА МАЛО-БОТУОБИНСКОГО РАЙОНА (САХА-ЯКУТИЯ) ПО ДАННЫМ СТОХАСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА

О.В. Жаворонкин

Воронежский государственный университет

Необходимость проведения морфометрических исследований для территории Мало-Ботуобинского района продиктована наличием проявлений алмазоносного магматизма и ассоциирующихся с ним россыпей алмазов, которые, как известно, связаны с определенными морфоструктурами. Впервые для данной территории проведены морфометрические исследования, основанные на стохастических моделях рельефа, построена морфоструктурная схема, описана динамика развития рельефа, выявлены морфоструктурные особенности районов развития кимберлитового магматизма.

В геологическом отношении территория Мало-Ботуобинского района характеризуется двумя структурно-вещественными комплексами [1]. Нижний, наиболее древний, представлен дислоцированными метаморфическими и магматическими породами, об-

разовавшимися в геосинклинальную стадию развития. В строении верхнего этажа принимают участие осадочные и магматические образования платформенного этапа. Исследуемая территория расположена в пределах крупной платформенной структуры – Непско-Бо-

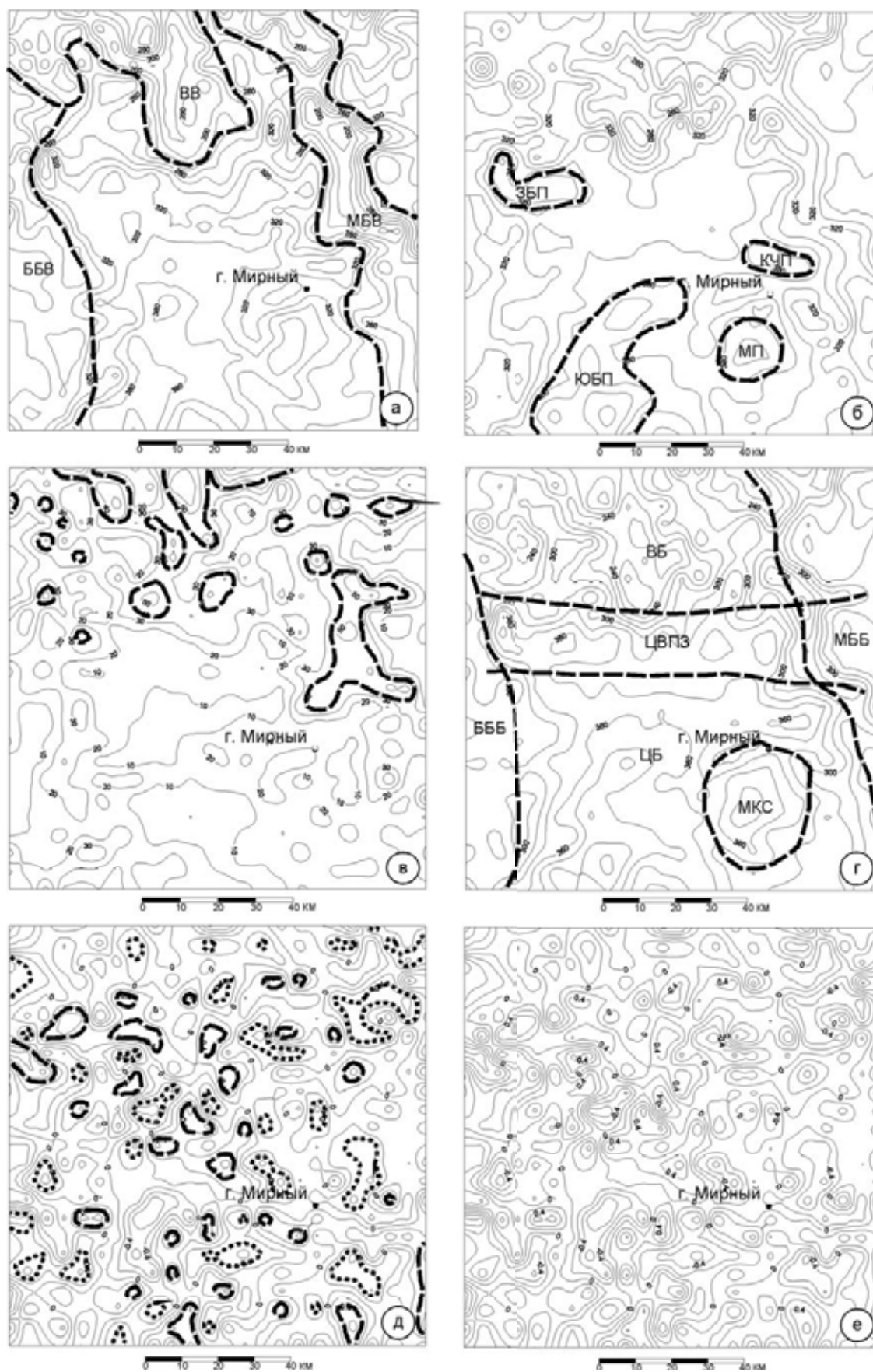


Рис. 1. Морфометрические карты Мало-Ботубинского района:

- а* – карта базисной поверхности, *б* – карта вершинной поверхности,
- в* – карта вертикального расчленения, *г* – карта средних высот,
- д* – карта асимметрии распределения высот, *е* – карта эксцесса распределения высот рельефа

туобинской антеклизы. В позднепалеозойский этап она была осложнена наложением на нее восточного борта Тунгуской синеклизы, а в мезозойский – Ангаро-Виллюйского прогиба [2]. Рельеф фундамента по данным глубокого бурения и обобщения материалов сейсмо-разведочных работ представляет поверхность, слабо наклоненную на север-северо-запад. Абсолютные отметки ее изменяются от 1,6 км на юге, до 2,8 км в северной части территории [3]. В разрезе осадочного чехла выделяются три структурных яруса, соответствующие венд-раннепалеозойскому, позднепалеозойско-ранне-мезозойскому и мезозойско-кайнозойскому этапам развития. Отложения рифейского и среднепалеозойского этапов отсутствуют. Структурными основными элементами чехла являются фрагменты платформенных структур: Сюгджерской седловины, Непско-Ботуобинской антеклизы, Тунгусской и Виллюйской синеклиз, а также Ангаро-Виллюйского прогиба.

Для морфоструктурного районирования данной территории применена новая методика исследований, базирующаяся на представлениях теории вероятностей и математической статистики [4]. Преимущество такого подхода заключается в возможности широкого использования компьютерных средств как для обработки данных, так и для составления карт [5]. Кроме того, в анализе помимо традиционных величин могут быть использованы дополнительные, качественно новые, морфометрические параметры, такие как асимметрия и эксцесс [6]. Апробация указанной методики производилась при составлении аналогичных карт по территории ВКМ [7, 8], Джидинского района (республика Бурятия) [9] и Анабарского массива [10]. Последовательный анализ каждой из морфоструктурных карт (рис. 1) и сопоставление полученных результатов позволяют составить схему динамики развития современного рельефа и построить морфоструктурный план исследуемого района (рис. 2) [11].

Высота базисной поверхности (рис. 1а) в пределах Мало-Ботуобинского района изменяется от 140 до 380 метров, причем преобладают отметки со значениями в интервале 250–350 м. Пониженные значения высоты базисной поверхности пространственно совпадают с долинами крупных рек (Виллюй – в северной части района, Малая и Большая Ботуобия – в восточной и западной, соответственно). Резкое изменение направления изобазит может говорить о высокой потенциальной энергии рельефа неотектонического этапа. Мало-Ботуобинская система отрицательных аномалий, расположенная в восточной части района, имеет четко выраженный ступенчатый облик и сравнительно высокий градиент изменения высот базисной поверхности. В пределах этой структуры изобазиты меняются от 200 до 300 метров. Диаметрально противоположное строение имеет расположенная на западе района Больше-Ботуобинская отрицательная аномалия. Она представлена нечетким контуром, овальной формы, северо-западного простирания. Пределы изменения высот 260–300 метров. Наиболее сложную, извилистую форму имеет Виллюйская аномалия, расположен-

ная в северной части района. Аномалия имеет четкие контуры. Повсеместно эта территория осложнена локальными поднятиями изометричной формы.

В рамках исследуемого района вершинная поверхность (рис. 1б) принимает значения от 200 до 440 метров. В отличие от базисной поверхности, где аномалии выражены линейными и удлиненными формами, аномально высокие значения высот вершинной поверхности имеют в большей части площадную, изометричную форму. Анализируя распределение высот вершинной поверхности, в пределах Мало-Ботуобинского района можно выделить 4 положительные морфоструктуры, выраженные аномально высокими значениями высот. Западно-Ботуобинское поднятие расположено в западной части района и имеет сложную, асимметричную подковообразную форму. В северной части поднятия высоты достигают 400 м. Кюелях-Чуанальрское поднятие расположено в восточной части Мало-Ботуобинского района. Оно имеет овальную форму, вытянутую в северо-западном направлении. На карте вершинной поверхности Кюелях-Чуанальрское поднятие выражено высотами более 300 метров. В юго-западной части исследуемого района расположено Мирнинское поднятие. Положительная аномалия, определяющая эту структуру, на карте вершинной поверхности, имеет изометричную округлую форму. В ее пределах вершинная поверхность достигает 400 метров. Наиболее сложное по форме Южно-Ботуобинское поднятие расположено в южной части района. В его пределах вершинные высоты рельефа достигают 440 метров, здесь расположена самая приподнятая часть Мало-Ботуобинского района.

Карта срединной поверхности рельефа показывает, что распределение средних высот в пределах данного района неравномерно (рис. 1г). Поверхность средних высот лежит в пределах 180–420 м и, в целом, имеет тренд повышения абсолютных отметок с севера на юг, а также от центра к восточной и западной частям района. Анализ распределения средних высот позволяет разделить исследуемый район на консолидированные, устойчивые блоки – структуры первого порядка. На рассматриваемом участке выделено 4 блока первого порядка: Центральный, Мало-Ботуобинский, Больше-Ботуобинский и Виллюйский.

Центральный блок расположен в южной части Мало-Ботуобинского района. В современном рельефе он характеризуется высотами 300–360 метров и осложнен рядом поднятий и впадин. Участок Центрального блока имеет прямоугольную форму. В восточной части блока расположена кольцевая структура диаметром примерно 35 километров, которая выражена на карте средних высот кольцеобразным рисунком. В ее центре расположено вышеописанное Мирнинское поднятие. В западной части блок граничит с Больше-Ботуобинским блоком. Характер их границы постепенный, выраженный понижением абсолютных высот рельефа в сторону Больше-Ботуобинской структуры.

Больше-Ботуобинский блок выражен в рельефе понижением до отметок 300–320 метров и имеет вытя-

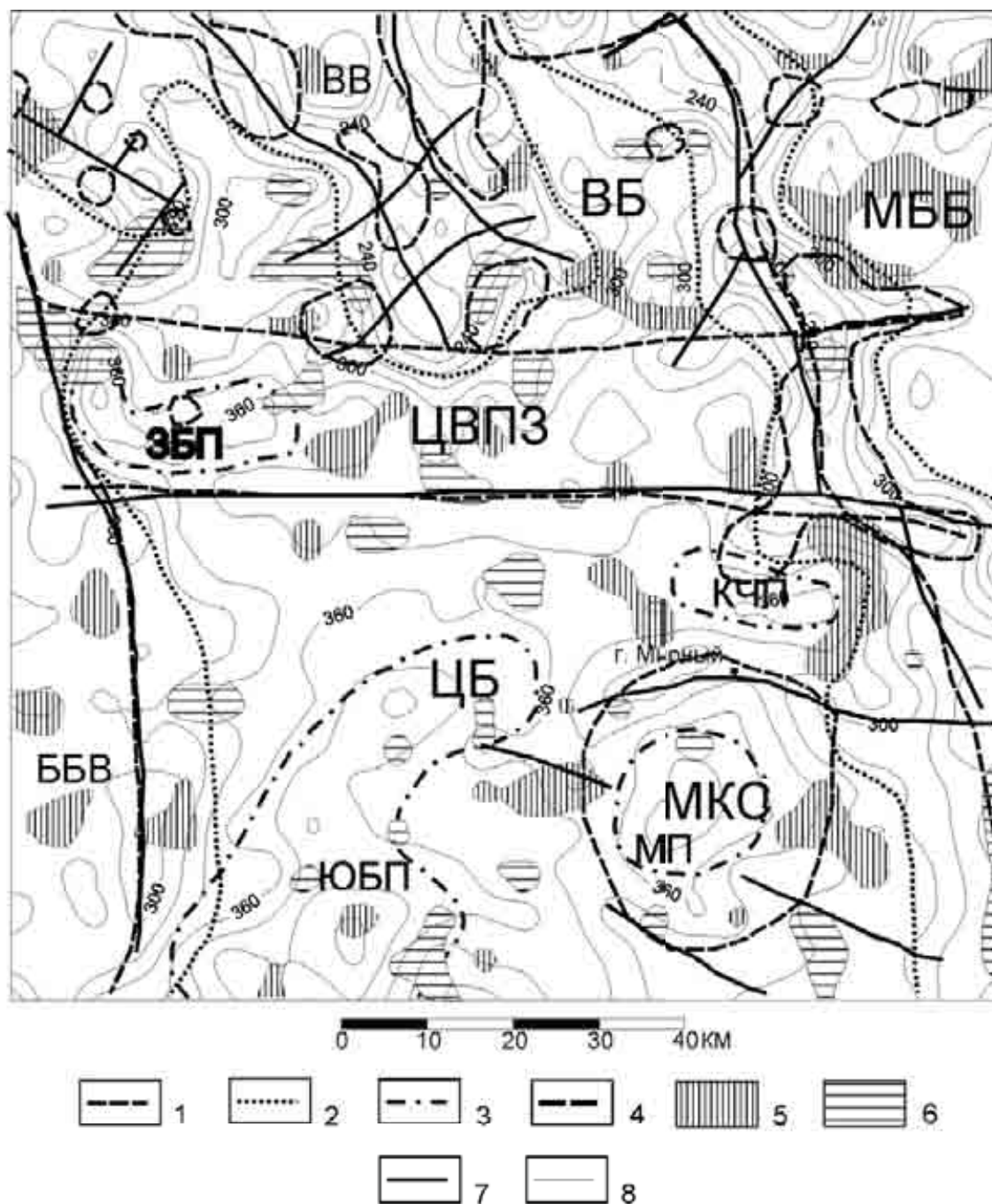


Рис. 2. Морфоструктурная схема Мало-Ботубинского района:

1 – границы блоков I порядка; 2 – границы впадин; 3 – границы поднятий;

4 – anomalно высокие значения вертикального расчленения;

5 – области современной денудации; 6 – области современной аккумуляции. ББВ – Больше-Ботубинский блок;

МБВ – Мало-Ботубинский блок; ВВ – Вилюйский блок; ЦБ – Центральный блок; ЦВПЗ – Центрально-Вилюйская переходная зона;

МКО – Мирнинская кольцевая структура; ЮБП – Южно-Ботубинское поднятие; ЗБП – Западно-Ботубинское поднятие;

КЧП – Кюелях-Чуанальское поднятие; МП – Мирнинское поднятие; ВВ – Вилюйская впадина;

ББВ – Больше-Ботубинская впадина; МБВ – Мало-Ботубинская впадина

нутую в северо-северо-западном направлении форму. Мало-Ботубинская блоковая структура расположена в восточной части района, имеет вытянутую форму и простирается параллельно Больше-Ботубинскому блоку первого порядка. В пределах изучаемого района расположена лишь крайняя западная часть этой структуры. Граница Мало-Ботубинского и Центрального блоков имеет ярко выраженный в современном релье-

фе характер и пространственно совпадает с Мало-Ботубинской впадиной, описанной выше.

Вилюйский блок расположен в северной части рассматриваемого района. В современном рельефе эта структура представлена наиболее сложным образом. Поверхность осложнена многочисленными поднятиями и впадинами разного ранга, подчас наложенными друг на друга. Границы с Мало- и Больше-Ботубинс-

кими блоками первого порядка – линейные зигзагообразные, выраженные в рельефе отрицательными аномалиями. С Центральным блоком граница, наоборот, – постепенная, имеющая сложный ступенчатый характер. Учитывая сложность строения и довольно солидные размеры, автором выделена Центрально-Вилуйская переходная зона как самостоятельная структура. Эта структура имеет линейную форму субширотного простирания и представлена в современном рельефе чередованием изометричных отрицательных и положительных форм.

В пределах изучаемого района вертикальное расчленение рельефа изменяется от 0 до 80 метров (рис. 1в). Значения дисперсии распределены крайне неравномерно, и положительные аномалии расположены преимущественно в северной, северо-восточной и восточной частях района. Высокие показатели вертикального расчленения рельефа образуют аномалии преимущественно изометричной или незначительно вытянутой формы. Причем в плановом расположении виден линейный характер размещения положительных аномалий, слагающих узкие линейные структуры, преимущественно северо-западного и северо-восточного простирания. Центральная и южная части исследуемого района характеризуются низкими показателями вертикального расчленения от 0 до 25 метров.

В рамках исследуемой территории показатель асимметрии распределения высот рельефа принимает значения от –0,8 до 0,6, а эксцесс распределения высот от –1,65 до –2,45 (рис. 1д). Как предельно высокие, так и аномально низкие значения показателей асимметрии образуют в картах аномалии изометричной, или слегка вытянутой формы. Для аномальных значений эксцесса распределения, наоборот, характерен линейный облик.

Значения эксцесса позволяют предполагать определенную независимость форм рельефа от характера пород субстрата, которые, как видно из геологической картины территории (рис. 1е), несмотря на разнообразие литологического состава, обладают примерно одинаковой противоденудационной устойчивостью. Эта особенность обеспечивает в целом слабую выраженность литоморфной компоненты рельефа.

Анализ построенных морфометрических карт позволяет выявить динамику развития современного рельефа исследуемой территории. Как упоминалось выше, Мало-Ботуобинский район имеет отчетливо блоковую структуру, и в его строении можно выделить 4 блока первого порядка (рис. 2): Центральный, Мало-Ботуобинский, Больше-Ботуобинский и Вилуйский, а также Центрально-Вилуйскую переходную зону. В целом, для каждой из этих структур наивысшего ранга, наблюдаются свои особенности развития и строения современного рельефа.

Больше-Ботуобинский блок первого порядка представляет собой овальную вытянутую отрицательную структуру. Значения вертикального расчленения в ее пределах невелики, что говорит о господствующих здесь процессах аккумуляции и выравнивания рельефа.

Граница Больше-Ботуобинского и Центрального блоков выявляется вытянутой зоной повышенных значений дисперсии распределения высот рельефа, что может служить признаком резкого, тектонического характера сочленения этих структур. Отрицательные значения асимметрии распределения высот указывают на то, что в настоящее время здесь господствуют процессы денудации, увеличения потенциальной энергии рельефа.

Мало-Ботуобинский блок обладает сложной, ступенеобразной формой. Значения вертикального расчленения в его пределах имеют максимальные значения, что свидетельствует о тектонической активности этого участка на этапе формирования современного рельефа. В целом схожую динамику развития имеет и Вилуйский блок первого порядка. Развитые здесь впадины, резкие изменения направления русел рек, довольно высокие перепады высот говорят о нестабильности этих структур на неотектоническом этапе развития. В формировании морфоструктуры территории наибольшее влияние оказали тектонические нарушения северо-западного простирания, поля напряжений формирования которых и определили облик современного рельефа. В пределах этих структур участки современной денудации совпадают с гипсометрически возвышенными формами, то есть, скорее всего направления вертикальных составляющих на этапе рельефообразования не менялись.

Центрально-Вилуйская переходная зона – флексуриобразная ступень в современном рельефе, с запада прилегающая к Центральному моноблоку, а с востока – к Вилуйскому. Генетически этот участок скорее всего является частью Центральной структуры, строение которой осложнено влиянием на этапе формирования рельефа прилегающей Вилуйской структуры.

Центральный блок первого порядка занимает самое высокое гипсометрическое положение на исследуемой территории, что говорит о постоянных восходящих движениях на этапе формирования современного рельефа. Низкие значения вертикального расчленения в его пределах указывают на равномерное, постепенное, растянутое во времени поднятие этой структуры. О зрелости и современной стабильности этой структуры говорит также отсутствие «мелких», угловатых форм на морфоструктурных картах. В пределах Центрального блока расположены три крупные положительные структуры: Южно-Ботуобинское, Кюелях-Чуанальское и Мирнинское поднятия. В пределах этих форм значения вертикального расчленения несколько увеличены. Наиболее интересно Мирнинское поднятие, в пределах которого расположены все известные на данный момент кимберлитовые тела Мало-Ботуобинского района [12]. Гипсометрически приподнятая, эта структура окружена отрицательными формами, выражающимися в современном рельефе кольцеобразной отрицательной аномалией в средних высотах. Вероятно, при появлении такого куполообразного поднятия вокруг него могли образоваться поля напряжений, унаследованное влияние которых и определило облик этого участка исследуемого района. Генетически это

куполообразование может быть связано с этапами алмазоносного кимберлитового магматизма, и наличие сходных по облику форм может служить поисковым признаком на других территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геология СССР*, т. XVIII. Западная часть Якутской АССР. Ч. I., кн. II. – М., 1971. – 246 с.
2. *Kimberlites of Yakutia // Field Guide Book. VI international kimberlite conference.* – Novosibirsk, 1995. – 108 p.
3. *Манаков, А.В.* Реконструкция мантийных разрезов Якутской кимберлитовой провинции на основе изучения глубинных ксенолитов / А.В. Манаков // *Магматизм и метаморфизм северо-востока Азии : материалы IV регион. петрограф. совещ.* – Магадан, 2000. – С. 228–232.
4. *Порядин, В.С.* Стохастические модели в морфоструктурном анализе / В.С. Порядин. – М., 1985. – С. 152.
5. *Жаворонкин, О.В.* Автоматизация статистических методов обработки геоморфологических данных / О.В. Жаворонкин // *Тезисы региональной научной конференции «Геологи XXI века».* – Саратов, 2001. – С. 85.
6. *Гмурман, В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М., 1977. – 478 с.
7. *Трегуб, А.И.* Морфометрия современной поверхности и неотектоническая структура территории ВКМ / А.И. Трегуб, О.В. Жаворонкин // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология.* – 2000. – № 3. – С. 19–26.
8. *Трегуб, А.И.* Геодинамические условия формирования новейшей структуры Павловского выступа докембрийского фундамента / А.И. Трегуб, С.А. Трегуб, О.В. Жаворонкин // *Труды ГИН РАН.* – Вып. 341. – М., 2003 (в печати).
9. *Жаворонкин, О.В.* Неотектоническая структура Джиндинского синклиория по данным морфометрического анализа / О.В. Жаворонкин // *Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология.* – 2002 – № 3. – С. 19–26.
10. *Жаворонкин, О.В.* Неотектоническая структура центральной части Анабарского щита / О.В. Жаворонкин // *Тезисы региональной научной конференции «Геологи XXI век».* – Саратов, 2003. – С. 14.
11. *Философов, В.П.* Основы морфометрического метода поиска тектонических структур / В.П. Философов. – Саратов, 1975. – 232 с.
12. *Харьков, А.Д.* Коренные месторождения алмазов мира / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков. – М., 1998. – 555 с.