

**«PLOWING BLOCKS»  
IN THE TIEN-SHAN HIGH MOUNTAINS**

TARAKANOV A. G.

Summary

Characteristic features of the spatial distribution and structure of «ploughing blocks» are described together with the conditions and the mechanism of their development. Higher heat conductivity of the blocks as compared with underlying and overlying loose sediments is shown to favour their stronger cooling in winter which induces moisture migration towards the blocks. Intermittent freezing and thawing of the sediments results in their flowability and in downslope movement of the solifluction type. The blocks themselves thus locally create «solifluctional conditions» at slopes.

УДК 551.4 : 528.067.4(571)

ЯКИМЕНКО Э. Л.

**КАРТЫ ВЕРШИННОЙ И БАЗИСНОЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ СИБИРИ  
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Для поиска, выделения и картографирования пространственных закономерностей разных иерархических уровней можно воспользоваться статистическим анализом. В геоморфологии основанием для проведения статистического анализа является представление о рельефе как о поле высот. Элементы теории поля к исследованию рельефа земной поверхности были приложены П. К. Соболевским в 1932 г. Числовые данные о рельефе содержат как случайную (незакономерную), так и неслучайную (закономерную) составляющие.

В геологической практике для разделения поля на две составляющие чаще всего пользуются методом наименьших квадратов и способом скользящего среднего [1—6]. Для территории Сибири и Дальнего Востока нами построены карты вершинной и базисной поверхностей и произведено их сглаживание. Для их построения с топографической карты м-ба 1 : 100 000 по квадратной сетке 25×25 км снимались максимальные высоты, характеризующие вершинный уровень и минимальные высоты, являющиеся местными базисами эрозии. Затем снятые отметки были осреднены по сети шестиугольников способом скользящего среднего. Отметка центра шестиугольника вычислялась как среднее арифметическое отметок его вершин. Радиус сглаживания 25 км, что соответствует радиусу тех форм рельефа, которые подлежат выделению. Полученные таким образом сглаженные вершинная и базисная поверхности отображают региональные закономерности строения рельефа.

Если о вершинной поверхности современного рельефа мы имеем общее представление, то базисная поверхность как уровень днщ долин является воображаемой, гипотетической [7]. Геоморфологически базисная поверхность представляет собой нижнюю границу проявления современных процессов денудации. Почему важно выявить пространственные закономерности именно этих двух поверхностей современного рельефа? Потому что на Земле нет других повсеместно распространенных уровней, с которыми была бы тесно связана деятельность геоморфологических процессов.

Первые попытки картографирования вершинной поверхности горных стран с целью выявления структурных форм, выраженных в рельефе,

были осуществлены К. К. Марковым [7]. На графическом разложении рельефа на вершинные и базисные поверхности разных порядков основан метод поисков тектонических структур В. П. Философова [8, 9].

На рис. 1 и 2 представлены карты вершинной и базисной поверхностей Сибири и Дальнего Востока, отображающие статистические тенденции изменения высот. Очертания вершинной поверхности более сложные, и выглядит она контрастнее по сравнению с базисной. Вершинная поверхность Западно-Сибирской равнины имеет блюдцеобразную форму с уклоном к центру. Внешняя пограничная часть наиболее приподнята (до 200 м и более), центральная — пониженная (менее 75 м); самые низкие отметки (менее 50 м) — на крайнем севере. На Тавдинско-Кондинской и Туринской равнинах вершинная поверхность сохраняет пологий наклон и переходит на Ишимскую равнину и далее на юг в более повышенную крутую Северо-Казахскую наклонную равнину. Плоская вершинная поверхность Барабинской низменности со 125-метрового уровня повышается к Кулундинской наклонной равнине с отметками поверхности на крайнем юге около 400 м. Поворачивая на восток, вершинная поверхность круто поднимается над Приобским плато и к границе с Алтаем и Салаиром повышается до 1000 м. Поверхность поднята на 300 м на Кеть-Тымском плато и до 500 м на Чулымо-Енисейском, восточная примыкающая к Енисею часть которого менее пологая с высотой до 300 м. Вся восточная часть вершинной поверхности имеет уклон к западу и отделена от Сибирской платформы резким 200-метровым уступом, протягивающимся к Нижнеенисейской низменности. Вершинная поверхность Туруханской низменности опущена до 100-метрового уровня. Блюдцеобразную форму вершинной поверхности Западно-Сибирской равнины нарушает широтное поднятие Сибирских Увалов, протягивающихся от Урала до Енисея. Высота их вершинной поверхности изменяется от 500 м и более на западе, на Северо-Сосьвинской и Люлинворской возвышенностях, до 175 м на Белогорском материке и более чем на 200 м в верховьях Таза. Северо-западная часть Обь-Иртышского междуречья занята обширным Васюганским плато, с высотами вершинной поверхности от 100 до 150 м. На Сибирских Увалах и Васюганском плато вершинная поверхность наиболее поднята в центральной части Западно-Сибирской равнины. Она четким уступом отделяется от Урала, на юге узким Тургайским прогибом соединяется с поверхностью Средней Азии и постепенно переходит в 500—1000-метровый уровень Казахского мелкосопочника. В Алтае-Саянской горной области вершинная поверхность имеет северо-восточное направление, круто поднимается до 3600 м на южных хребтах Алтая и до 3000 м на хребтах средней части горного узла. В восточной части горного узла вблизи Западного Саяна она меняет направление на субширотное, подчеркивая 2000—2500-метровый уровень Западного Саяна. В Восточном Саяне вершинная поверхность протягивается в северо-западном направлении, сохраняя его вплоть до Байкала. Она изменяет высоту от 1000 м у Енисея на Манском Белогорье до 3000 м у Казырского горного узла при стыке с Западным Саяном и далее быстро снижается на юго-восток. Для поверхности Тувинского нагорья характерны незначительные колебания высот — от 2000 м в западной части до 2600 м в восточной, в Тоджинской и Тувинской котловинах высоты снижаются соответственно до 1900 и 1340 м.

В Байкальской горной области направление вершинной поверхности меняется на северо-восточное. В горах Прибайкалья наибольшими высотами отличается вершинная поверхность Станового нагорья (2200—2500 м) и поверхность хребта Кодар (более 2500 м). К хребту Удокан поверхность понижается до 1500 м и уходит в Дальневосточный горный пояс к Становому хребту с высотами 1400—2000 м в западной и 2000 м в восточной частях. Эти же высоты сохраняются у вершинной поверхности Буреинского хребта. На хребте Джугджур поверхность снижается до 1200 м. Вершинная поверхность Сихотэ-Алиня и хребтов о. Сахалина протягивается в меридиональном направлении с пологим уклоном на север, на Сихотэ-Алине высоты снижаются от 1600 до 700 м, на Сахали-

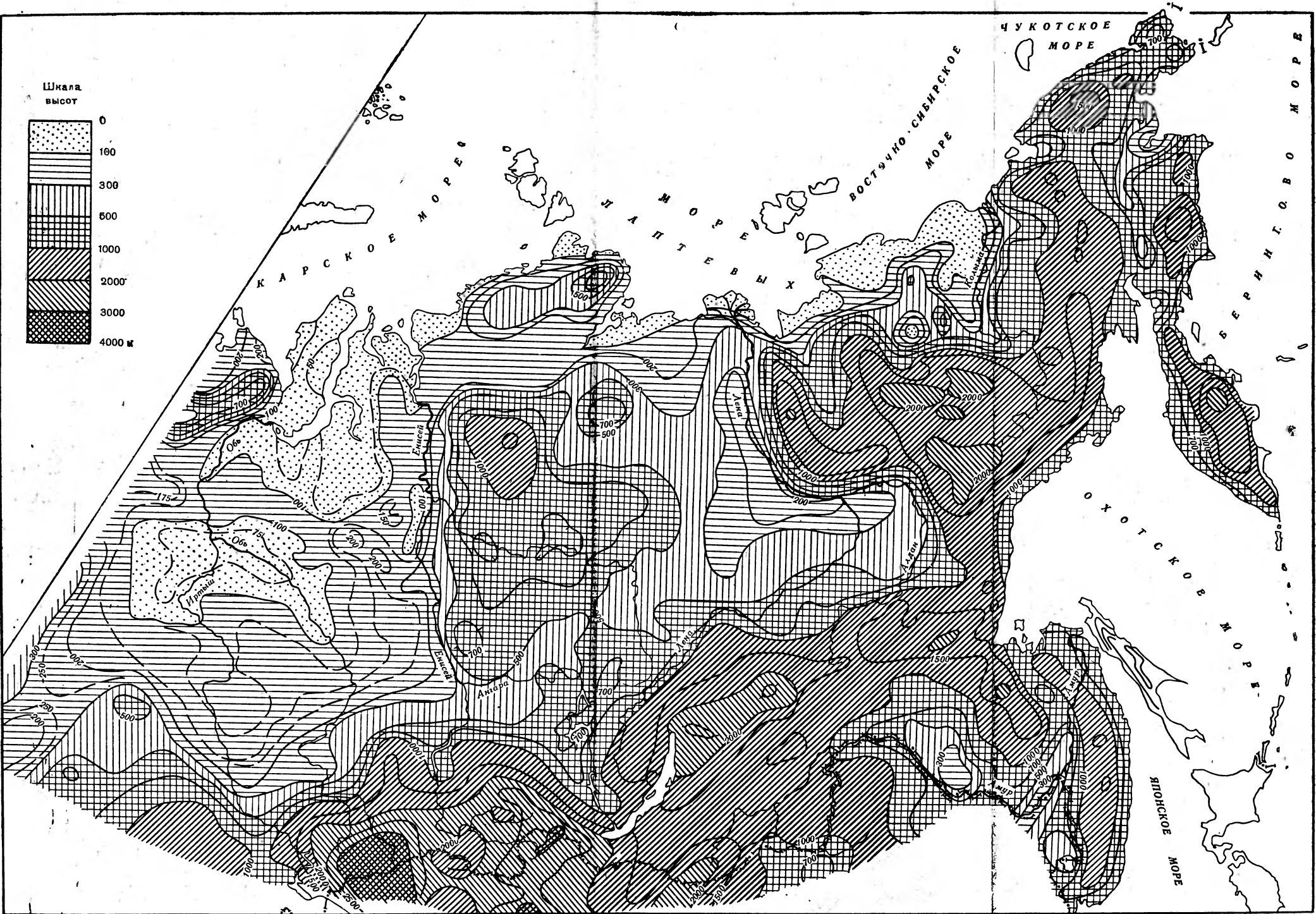


Рис. 1. Карта вершинной поверхности Сибири и Дальнего Востока

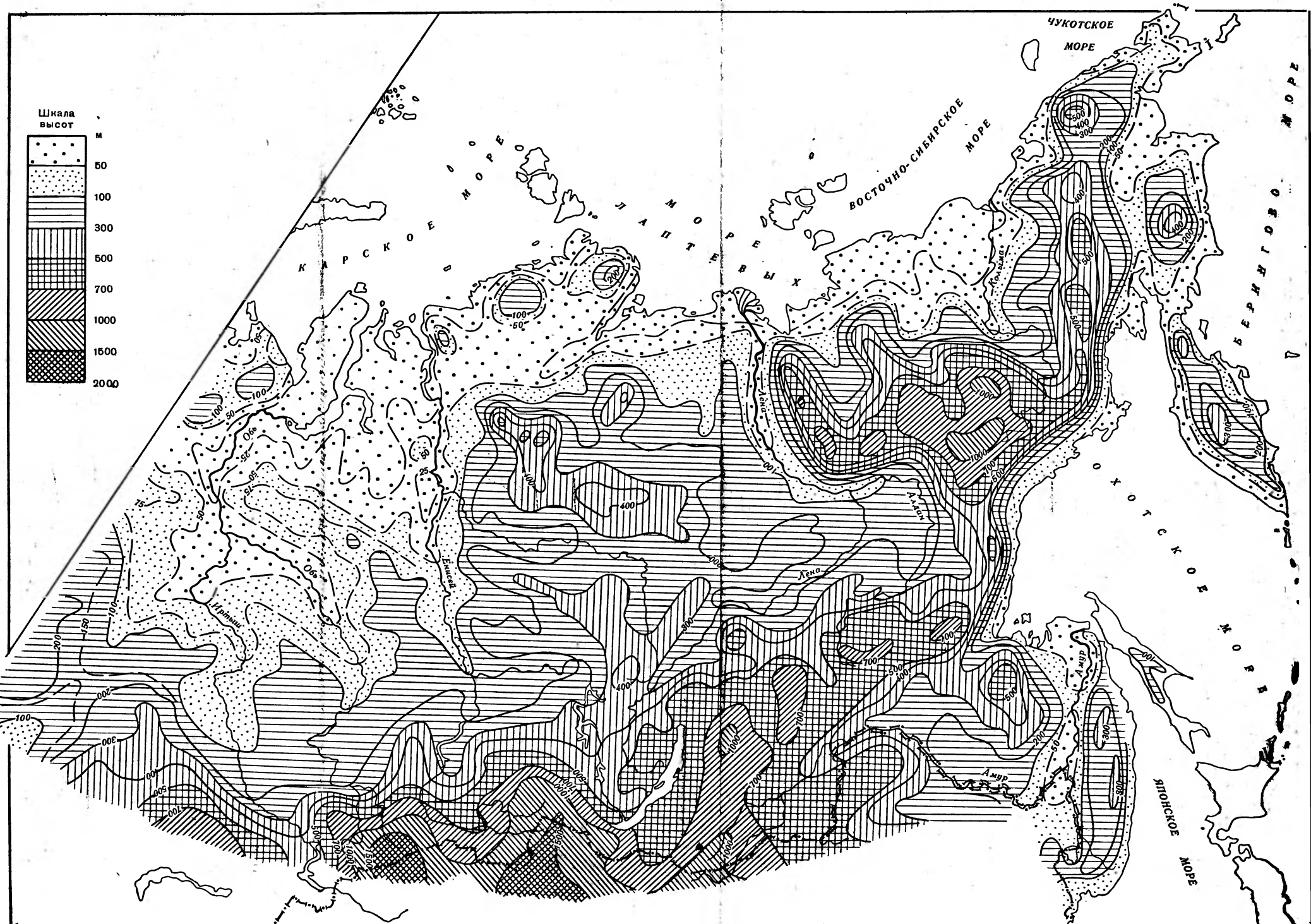


Рис. 2. Карта базисной поверхности Сибири и Дальнего Востока

не — от 1100 до 240 м. Самый низкий уровень в Дальневосточном горном поясе (до 250 м) имеет вершинная поверхность Зейско-Буреинской и Среднеамурской впадин.

Вершинная поверхность Прибайкалья резко понижается к северу: Северо-Байкальское нагорье характеризуется высотами 2000—1500 м, Патомское — 1500—1300 м, Алданское — 1300—1000 м. Вершинная поверхность Забайкалья имеет самый низкий уровень в устье Селенги (до 1200 м), к северо-востоку, к Витимскому плоскогорью высоты доходят до 1500 м, к юго-востоку поверхность снижается до 1000 м и на границе с Монголией в среднем течении р. Аргуни — до 750 м.

Вершинная поверхность Сибирской платформы носит ступенчатый характер, поднимаясь на плато Путорана более чем на 1500 м, она опускается под крутым углом к Северо-Сибирской низменности и более полого — к Западно-Сибирской равнине. На продолжении Путорана — плато Сыверма — поверхность снижается до 700 м. Самые незначительные высоты (300—500 м) приурочены к участку, протягивающемуся в северо-восточном направлении к Центральноякутской низменности, высоты которой не достигают 200 м. Дальше на восток вершинная поверхность круто поднимается на Верхоянской горной системе, для которой характерно постепенное повышение поверхности с севера, начиная с Хараулахского хребта от 500—1000 до 1800—2000 м на Орулганском хребте. На юге Верхоянской горной системы высоты поверхности западной ветви (хребет Сетте-Дабан) составляют 1500—2000 м, восточной (хребет Сунтар-Хаят) — 2000—2400 м. Вершинная поверхность горной системы Черского сохраняет высотный уровень хребта Сунтар-Хаята. Обширная поверхность цепи Обручева отделение от узкой, но высоко поднятой поверхности цепи Билибина низкой поверхностью (1000—1500 м), приуроченной к Момо-Селенняхской цепи впадин, протягивающихся от низовьев рек Момы и Чибагалаха на север до верховьев р. Селеннях. Поверхность цепи Матушкина, снижаясь до 2000 м, оконтуривает южные отроги цепи, переходит на хребет Сарычева и, охватывая Верхнеколымское нагорье с высотами 1500—1700 м и хребты цепи Обручева с высотами 1700—2200 м, поворачивает к северо-востоку, протягиваясь от Магадана до хребтов Чукотки с высотами 1000—1500 м. Она постепенно снижается к краям Полоусного с высотами 500—700 м, Алазейскому плоскогорью — 500—720 м, Юкагирскому плоскогорью — до 500—950 м. Поверхность Яно-Оймяконского нагорья в верховьях р. Индигирки сохраняет высотный уровень соседних областей — 1600—2000 м и постепенно понижается на северо-запад до 600 м.

Вершинная поверхность бассейна Колымы и Чукотки от 1500-метрового уровня полого снижается и образует глубокий прогиб, идущий от Пенжинской губы к Анадырскому заливу с высотами соответственно от 450 до 200 м, на Корякском нагорье высоты увеличиваются до 1250—1750 м. Отметки вершинной поверхности хребтов Камчатки колеблются от 1700 до 2350 м. Поверхность здесь полого опускается на запад к Охотскому морю и круто падает на восток — с системы Восточных хребтов к Берингову морю.

Базисная поверхность (рис. 2) характеризует уровень врезания современных рек. Ее рисунок более схематичный, но полностью повторяет закономерности в распределении уклонов, значение которых меньше, чем у вершинной поверхности. Самые низкие отметки (от 25 до 50 м) базисной поверхности Западно-Сибирской равнины на Кондинской, Среднеобской и Обь-Тымской низменностях и на крайнем севере. На границе с Зауральским плато поверхность повышается от 200 до 300 м, на широтной оси Сибирских Увалов — от 80 до 120 м, на границе с Казахским мелкосопочником — от 300 до 700 м. Для базисной поверхности гор Южной Сибири характерен общий подъем с севера на юг: На Алтае — от 400 до 1900 м, в Западном Саяне — от 700 до 1000 м, в Восточном Саяне и Прибайкалье — от 500 до 1000 м, на стыке этих горных систем — до 1400 м, в Забайкалье — от 700 до 1000 м, в Дальневосточной горной стране — от 500 до 750 м.

Базисная поверхность Сибирской платформы повторяет ступенчатый характер вершинной поверхности с максимальными отметками более 500 м на плато Путорана, 400 м на Анабарском массиве, плато Сыверме и в верховье р. Нелы. Высоты поверхности основной части платформы колеблются от 200 до 300 м. В Дальневосточной горной стране самые низкие значения базисной поверхности приурочены к впадинам: от 30 м в Среднеамурской до 150 м в Зейско-Буреинской. Базисная поверхность Северо-Востока в верховьях Индигирки поднимается выше 1100 м и опускается полого на север и запад и круто на юг к Охотскому Приморью. Далее к востоку поверхность сохраняет 200—300-метровый уровень вплоть до Камчатки, понижаясь до 40 м у Пенжинской губы и до 10 м у Анадырского залива.

При анализе карт вершинной и базисной поверхностей намечается вполне определенная взаимосвязь крупных элементов рельефа и глубинного строения земной коры, причем чем крупнее выявленные региональные закономерности, тем теснее проявляется связь с более глубинными горизонтами. Связь между рельефом земной поверхности и глубинным строением земной коры носит стохастический (вероятностный) характер. Это подтверждено рядом авторов как в глобальном, так и в региональном масштабах. Особенности строения поверхности Мохоровичича (*М*) отражены в рисунке вершинной и базисной поверхностей Западно-Сибирской равнины. Малые перепады высот поверхности *М* соответствуют малым изменениям высот вершинной и базисной поверхностей. Глубины поверхности *М* уменьшаются от западной и восточной окраин равнины к центру от 40 до 35 км и с юга на север от 40 до 30 км. Расположение отметок поверхности *М* находится в обратной зависимости с отметками поверхности фундамента и высотами вершинной и базисной поверхностей. Такой же характер связи вершинной и базисной поверхностей с рельефом *М* наблюдается в Алтае-Саянской горной стране. Для поверхности *М* характерно общее погружение с северо-запада на юго-восток от 40 до 55 км и более, вершинная и базисная поверхности в этом направлении интенсивно поднимаются.

Самый низкий уровень вершинной и базисной поверхностей Сибирской платформы (150—200 м) совпадает с наименьшими мощностями земной коры Лено-Вилуйской впадины (от 27—29 до 33 км) и поднятиями фундамента. Общее повышение вершинной и базисной поверхностей к югу соответствует возрастанию мощностей земной коры на Алданском щите и в горных районах Забайкалья до 40—42 км. Для Тунгусской синеклизы поверхность *М* полого поднимается с юга от 32—33 до 29—30 км в центральной части вместе с поднятием вершинной и базисной поверхностей. В рельефе фундамента Тунгусской синеклизы наблюдаются максимальные погружения (более 5 км). Такое соотношение геофизических, геологических и геоморфологических показателей характерно для Тунгусской синеклизы как области типичной обращенной морфоструктуры.

Для вершинной и базисной поверхностей Северо-Востока характерен общий пологий наклон на север и крутой — на запад. Максимумы вершинной и базисной поверхностей пространственно совпадают с областью наиболее глубокого погружения поверхности *М* в районе хребта Сунтар-Хаята, мощность земной коры здесь возрастает до 44 км [10]. Вытянутость вершинной и базисной поверхностей Колымско-Чукотской области в северо-восточном направлении соответствует характеру залегания поверхности *М* с мощностью земной коры до 35 км и постепенному уменьшению мощности до 30 км к северу и югу. Необходимо указать на относительно пониженную общую мощность земной коры Северо-Востока СССР. Несмотря на более высокий уровень вершинной и базисной поверхностей Северо-Востока по сравнению с Сибирской платформой, мощность земной коры у них остается одинаковой. Слабая контрастность изменения мощности коры Северо-Востока СССР, нехарактерная для большинства горных сооружений, связана, вероятно, с историей развития геологических структур. Создается впечатление, что рельеф вершинной и базисной поверхностей теснее связан с процессами активизации

развития структур Северо-Востока СССР, чем рельеф поверхности *М*, где эти процессы еще не нашли отражения [11].

Общий обратный характер связи вершинной и базисной поверхностей с положением поверхности *М* Сибири и Дальнего Востока повторяет общепланетарную закономерность увеличения мощности земной коры в областях с высоким уровнем вершинной и базисной поверхностей и уменьшения — в областях с низким положением этих поверхностей.

Кроме отмеченной связи с глубинным строением земной коры обе рассматриваемые поверхности тесно связаны между собой, хотя характер связи меняется в пространстве. Г. И. Худяковым сформулирован принцип гипсометрической корреляции рельефа, согласно которому высокая корреляция вершинной и базисной поверхностей связана с равновесным состоянием развития рельефа [12]. По характеру соотношения между этими поверхностями можно судить об энергии рельефа [8, 9, 13], которая выступает как мера определенных видов геолого-географических взаимодействий [14]. Под последними следует понимать взаимодействие экзогенных и эндогенных факторов, результатом которого является современный рельеф. Сближение базисной и вершинной поверхностей свидетельствует о низком гипсометрическом градиенте и связано с малой энергией рельефа. Основанием для такого суждения служит то обстоятельство, что каждый «гипсометрический уровень» отличается от выше- и нижележащего на величину потенциала гравитационного поля [9]. Таким образом, корреляция вершинной и базисной поверхностей, а также разность между ними позволяют определить энергию развития рельефа.

Потенциальная энергия рельефа тесно связана с характером проявления неотектонических движений, и прежде всего с их направленностью. Для выяснения амплитуды неотектонических движений с помощью построенных поверхностей необходимо доказательство их одновозрастности. Удачный опыт применения разности вершинной и базисной поверхностей для построения карты новейших тектонических движений Вилуйской синеклизы проведен В. Ф. Филатовым [13]. Автор указал на сложный стохастический характер связи амплитуды неотектонических движений с разностью поверхностей. О направленности неотектонических движений можно судить также и по соотношению друг с другом вершинной и базисной поверхностей. Нисходящее и восходящее движение будут характеризоваться разной степенью корреляции. Высокая степень корреляции поверхностей (0,90—0,95) связана с развитием рельефа, близким к равновесному [6, 12].

## ВЫВОДЫ

При истолковании карт вершинной и базисной поверхностей наиболее рациональным и обоснованным представляется энергетический подход, который способствует прежде всего осмыслению механизма образования современного рельефа. Намеченная связь вершинной и базисной поверхностей с глубинным строением земной коры, характер соотношения их друг с другом приведут к изучению типов взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов в образовании современного рельефа и помогут определить тенденцию его развития.

Карты могут оказаться полезными при решении чисто картографических задач — вопросов целевой генерализации [15]. Статистический анализ числовых данных о рельефе как определенная форма обработки и преобразования картографической информации создает особую форму генерализации, цель которой выявить общие региональные закономерности в строении рельефа. Знание таких закономерностей не только раскрывает природу естественной генерализации, имеющей место на космических снимках, но и способствует уменьшению потерь картографической информации при масштабной генерализации и правильному отбору информации при многоуровневой генерализации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт А. М. Опыт количественного изучения неотектоники путем морфометрической реконструкции первичного рельефа.— Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1965, № 1, с. 107.
2. Берлянт А. М. Картографический метод исследования природных явлений. Практическое пособие. М.: Изд-во МГУ, 1971. 76 с.
3. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. М.: Мир, 1969. 397 с.
4. Боровко Н. Н. Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. Л.: Недра, 1971. 173 с.
5. Порядин В. С. Стохастический метод морфоструктурного анализа (на примере юго-западной части Сибирской платформы): Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: ИГГ СО АН СССР, 1974. 25 с.
6. Якименко Э. Л., Порядин В. С. Методы тренд-анализа Восточной Якутии.— В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978, с. 93.
7. Марков К. К. Основные проблемы геоморфологии. М.: ОГИЗ, Гос. изд-во геогр. лит., 1948. 343 с.
8. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. 94 с.
9. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. 232 с.
10. Штех Г. И. Строение земной коры Верхоянского мегаантиклинория и прилегающей части Сибирской платформы.— В кн.: Региональные геофизические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, 1967, с. 9.
11. Резанов И. А. Особенности строения и развития мезозойд Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1968. 224 с.
12. Худяков Г. И. К проблеме ярусности рельефа горных стран (на примере отдельных районов южной части советского Дальнего Востока).— В кн.: Вопросы морфометрии. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1971, вып. III, с. 148.
13. Филатов В. Ф. Морфометрические приемы построения карт новейшей тектоники равнинных территорий (на примере Вилюйской синеклизы).— В кн.: Вопросы морфометрии. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1971, вып. III, с. 79.
14. Круть И. В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 367 с.
15. Ширяев Е. Е. Методы картографического отображения и анализа геонформации с применением ЭВМ. М.: Недра, 1977. 182 с.

Институт геологии и  
геофизики СО АН СССР

Поступила в редакцию  
28.I.1980

## SUMMIT LEVEL AND BASE LEVEL MAPS OF SIBERIA AND FAR EAST

YAKIMENKO E. L.

### Summary

Summit level and base level maps are analysed which were compiled by the author for Siberia and Far East of the USSR. The surfaces appeared to reflect the earthcrust deep structure, the relative position of the summit and base levels permits to estimate the relief energy and morphogenetic processes.