

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.551.24

В. Я. ВОРОБЬЕВ

**ИНФОРМАТИВНОСТЬ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПЛАТФОРМЕННОЙ СКЛАДЧАТОСТИ**

Предложена технологическая схема обработки информации для прогнозирования геометрии структурных поверхностей осадочной оболочки по комплексу информативных геоморфологических признаков.

Несмотря на различные толкования задач структурной геоморфологии (Герасимов, 1959; Горелов, 1972; Мещеряков, 1965; Николаев, 1962; Флоренсов, 1965), во всех определениях отражена главная ее цель — выяснение характера связи между геологическим и геоморфологическим строением в различных тектонических условиях. Эта связь используется в структурно-геоморфологическом методе поиска полезных ископаемых при прогнозировании тектонического строения по комплексу геоморфологических признаков.

В связи с большим объемом исследований, проводимых в нашей стране по структурно-геоморфологическим методам прогнозирования месторождений полезных ископаемых, встает задача оценки информативности различных геоморфологических признаков. Несмотря на актуальность проблемы, существует ряд нерешенных вопросов и прежде всего окончательно не выяснена количественная сторона взаимосвязи множества геоморфологических элементов со структурными особенностями в различных геоструктурных областях платформ.

В результате широкого применения чисто камеральных и дистанционных методов изучения природной среды оказалось, что геоморфологические исследования, в особенности морфометрические, нередко были оторваны от объекта исследования — структуры. Сопоставление геоморфологических карт со структурными проводилось, как правило, качественно, путем наложения соответствующих карт друг на друга. В частности, с помощью таких построений была установлена связь морфометрических показателей с тектоническими структурами (Филосов, 1960).

Так как тектоническая история структур неоднозначно отражается на различных геоморфологических картах, подобная качественная интерпретация в связи с увеличением числа используемых геоморфологических признаков становится все более субъективной. В последнее время сделана попытка устранить субъективизм, свойственный качественной интерпретации, с помощью введения в анализ геоморфологических построений количественных показателей информативности геоморфологических признаков (Воробьев и др., 1967; Никонов и др.,

№ показателей	Наименование показателей	Источник
Структурные		
1—36	Альтитуда скважин и абс. глубины залегания разновозрастных структурных поверхностей	Каталог разбивок скважин Нижневолжского НИИ геологии и геофизики МГ СССР
Геоморфологические		
37—50	Базисные и вершинные поверхности 2-го, 3-го, 4-го порядков, остаточный рельеф и размыв различных порядков, градиенты базисных и вершинных поверхностей	Анализ карт высот рельефа на ЭВМ
51—82	Количество и длина ложбин стока, оврагов, балок, вторичных врезов, русла малых и крупных рек по четырем направлениям (северное, восточное, южное, западное), плотность гидросети, скорость нарастания порядков долин	Анализ карт высот рельефа и данные дешифрирования аэрофотоматериалов

1970). Это позволит судить, какую информацию о характере изменения в пространстве структурных поверхностей различного возраста несет тот или иной геоморфологический признак.

Под количественной интерпретацией геоморфологических данных мы будем понимать изучение взаимосвязи геоморфологических показателей с глубинами залегания различных реперных горизонтов

Создание информационно-вычислительной системы (Воробьев и др., 1969), представляющей сочетание информационно-поисковой системы с системой обработки данных, позволяет проводить совместный анализ структурных и геоморфологических показателей на ЭВМ; выбирать адекватную наблюдаемым данным модель отражения структурных особенностей территории в геоморфологических признаках и проводить оценку информативности отдельных геоморфологических признаков и их комплексов.

В качестве структурных показателей в информационно-поисковой системе Нижнего Поволжья использовались абс. глубины залегания 36 различных структурных поверхностей. В качестве геоморфологических признаков использовались 14 морфологических показателей (базисные и вершинные поверхности различных порядков, их разности, градиенты и др.), данные, снятые непосредственно с топографических карт (плотность и плановый рисунок гидросети, скорость нарастания порядков долин и др.), а также количественные показатели, получаемые при дешифрировании аэрофотоматериалов (табл. 1). Все эти данные кодируются и подготавливаются для обработки на ЭВМ. В схеме кодирования отражено отношение скважин к структурам различных порядков (Воробьев, 1969).

Фактический материал, отобранный из банка данных по информационному запросу, отправляется в вычислительную подсистему, где обрабатывается по следующему алгоритму. Наблюдаемые значения абс. глубин залегания разновозрастных структурных поверхностей рассматриваются как функция комплекса геоморфологических признаков и пространственных координат. Региональная составляющая, существенно влияющая на оценку информативности тех или иных геоморфологических признаков, учитывается как непосредственно в уравнениях, так и с помощью аппроксимации наблюдаемых значений тренд-полиномами. В дальнейшем в первом случае вместо наблюдаемых значений геоморфологических признаков рассматриваются их отклонения от соответ-

вующих рассчитанных значений. Аппроксимация этой связи осуществляется с помощью уравнений, внутренне линейных относительно параметров (Дрейпер, Смит, 1973; Химмельдблау, 1973). Решение по поводу той или иной модели принимается после проверки гипотезы о том, сколь удовлетворительно та или иная модель описывает экспериментальные данные. Если отношение общей дисперсии S_y^2 к остаточной $S_{\Delta y}^2$ ($S_{\Delta y}$ — ошибка прогнозирования) больше соответствующего F — распределение Фишера, то модель считается корректной. Для прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей по комплексу геоморфологических признаков используется модель, для которой F максимально и больше критического значения при q -процентном уровне зависимости. Информативность того или иного геоморфологического признака определяется непосредственно при соответствующем их выборе в шаговом методе (Дрейпер, Смит, 1973), а общая информативность геоморфологического комплекса для прогнозирования платформенной складчатости оценивается по соответствующему значению величины F . Принято считать, что если отношение $F > 3$, то комплекс геоморфологических признаков, вошедших в регрессионную модель, можно использовать при прогнозировании платформенной складчатости. Устойчивость получаемых уравнений прогноза проверяется случайным разбиением объектов на две выборки: эталонную и контрольную. Если гипотеза о равенстве дисперсий по эталонной и контрольной выборкам проходит, то устойчивость уравнения может считаться достаточной, а само уравнение использоваться как в задаче интерполирования, так в ряде случаев и экстраполирования.

Таким образом, описанный алгоритм на основании статистического анализа взаимосвязи структурных и геоморфологических показателей позволяет каждому разделу в осадочной оболочке Земли ставить в соответствие информативный комплекс геоморфологических признаков. Если такой комплекс находится, строится уравнение, позволяющее преобразовывать структурно-геоморфологические данные в геологические элементы, по которым судят о геологическом строении конкретных областей. На заключительном этапе по равномерной сетке, в узлах которой определен набор информативных геоморфологических признаков, используя полученные уравнения, проводится расчет глубин залегания реперных горизонтов, по которым строятся прогнозные структурные карты (Воробьев, 1969; Каратаев, 1963).

ИНФОРМАТИВНОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Выделение информативных морфологических показателей проводилось на достаточно хорошо разбуренной и морфометрически изученной территории Нижнего Поволжья, включающей Советско-Степновский, Елшано-Сергиевский и Доно-Медведицкий мегавалы, Карамышский и Аткарскую впадины. Выбранные для анализа структуры имеют различный возраст формирования, различную геологическую историю и по-разному выражены в современном рельефе.

Оценка информативности давалась для базисных поверхностей 2-го, 3-го и 4-го порядков (H_2, H_3, H_4), вершинной поверхности 4-го порядка (L_4), остаточного рельефа 2-го и 3-го порядков (l_2, l_3), разности вершинной и базисной поверхностей 4-го порядка (A_4), градиентов базисных поверхностей 2-го, 3-го, 4-го порядков и вершинной поверхности 4-го порядка ($H_2^r, H_3^r, H_4^r, L_4^r$), высоты рельефа (M), разности базисных поверхностей (H_{2-4}), разности между вершинной поверхностью 4-го порядка и рельефом (размыва) — R_4 .

Анализ корреляционных связей морфометрических показателей с глубинами залегания структурных горизонтов в Нижнем Поволжье показывает, что информативность морфометрических показателей раз-

Прирост количества информации при увеличении порядка базисных поверхностей

№ п.п.	Горизонты	I_0	I_2	I_3	I_4	ΔI_{0-2}	ΔI_{2-3}	ΔI_{3-4}	ΔI_{0-4}
1	I_3^v	0,308	0,315	0,348	0,536	0,007	0,033	0,188	0,228
2	I_2^{bt}	0,288	0,302	0,345	0,551	0,014	0,043	0,206	0,263
3	Fz	0,254	0,267	0,309	0,505	0,013	0,042	0,196	0,251
4	$C_2^m vr$	0,628	0,678	0,761	0,953	0,050	0,083	0,192	0,325
5	C_2^b	0,637	0,693	0,743	0,957	0,056	0,050	0,214	0,32
6	$C_1^v tl$	0,652	0,699	0,752	0,903	0,047	0,053	0,151	0,251
7	$C_1^v bb$	0,662	0,707	0,772	0,941	0,045	0,065	0,169	0,279
8	$C_1^t up$	0,659	0,704	0,773	0,967	0,041	0,069	0,194	0,308
9	$C_1^t ml$	0,653	0,694	0,768	0,964	0,041	0,074	0,196	0,311
10	$D_3^{fm} zd-el$	0,288	0,327	0,410	0,656	0,039	0,083	0,246	0,368
11	$D_{m:pp}$	0,145	0,165	0,209	0,330	0,020	0,044	0,121	0,185
12	$D_2^{dv} vr$	0,249	0,284	0,388	0,623	0,036	0,104	0,235	0,374

лично относительно одного и того же горизонта в пределах локальной структуры, а характер связи одного и того же морфометрического показателя с одним и тем же структурным горизонтом для разных структур различен. При переходе от одной структурной поверхности к другой значение коэффициента корреляции меняется тем резче, чем меньше степень структурного соответствия между сравниваемыми структурными поверхностями (Никонов и др., 1970).

Так как характер связи морфометрических показателей со структурными горизонтами меняется от одной локальной структуры к другой, то обобщенную картину их информативности можно получить из анализа соответствующих оценок для структур второго порядка. Эти данные показывают, что: 1) характер связи морфометрических показателей резко меняется после поверхности палеозоя, являющейся поверхностью несогласия; 2) наиболее информативными являются морфометрические показатели основной группы (H_4 , H_3 , H_2 , M , L_4), причем информативность базисных поверхностей увеличивается с увеличением их порядка (начиная с уровня рельефа M , который естественно можно считать базисной поверхностью нулевого порядка). Группа производных показателей (I_2 , I_3 , A_4 , H_{2-4} , R_4) и градиенты (H_2^r , H_3^r , H_4^r , L_4^r) характеризуются примерно одинаковой информативностью.

В табл. 2 представлено количество информации о рассматриваемых структурных горизонтах, которое содержится в базисных поверхностях, и уровне рельефа (столбцы I_0 , I_2 , I_3 , I_4). Величины ΔI_{i-j} ($i < j$; $i = 0, 2, 3$) показывают прирост информации при увеличении порядка базисной поверхности от i до j . Все величины даны в битах (1 бит = $\log_2 2$).

Из таблицы видно, что почти для всех горизонтов $\Delta I_{0-2} < \Delta I_{2-3} < \Delta I_{3-4}$. Таким образом, для территории Советско-Степновского вала количество информации о его геологическом строении, которое содержится в базисной поверхности какого-либо порядка, является возрастающей вогнутой функцией порядка базисной поверхности. Иначе говоря, чем больше порядок данной базисной поверхности, тем большее количество информации о геологическом строении вала в ней содержится; прирост информации также увеличивается при увеличении порядка базисной поверхности.

Это объясняется, видимо, тем, что интервал времени, необходимый для перехода долины n -го порядка в долину $n+1$ -го порядка, больше интервала времени, требуемого для перехода долины $n-1$ -го порядка в долину n -го порядка. Вследствие этого поток более высокого порядка имеет больше возможностей для приспособления к местному гравитационному полю, в котором отражается тектоническое строение, и быстрее реагирует на изменение этого поля, создаваемое тектоническими движениями.

Подтверждение этого мы находим в связи глубин залегания кристаллического фундамента с морфометрическими показателями высоких порядков. Оказалось, что существенная связь отмечается для разности базисной и вершинной поверхностей 6-го порядка ($r = -0,79$, при $r_{5\%} = -0,28$) и остаточного рельефа ($r = -0,49$). При этом связь с абс. глубинами залегания фундамента обратная, т. е. участкам с повышенным залеганием фундамента отвечают минимальные значения этих показателей. Все остальные морфометрические показатели высоких порядков с глубиной фундамента оказались не связанными. Именно участкам повышенного залегания фундамента свойственно стремление к сближению высотных значений базисных и вершинных поверхностей к единой уровенной поверхности.

Рассмотрим информативность морфометрических показателей в пределах Елшано-Сергиевского вала. В отличие от Советско-Степновского вала характер связи морфометрических показателей со структурными горизонтами при «переходе» поверхности палеозоя меняется мало. Это объясняется большей степенью структурного соответствия между мезозойскими и палеозойскими горизонтами в пределах Елшано-Сергиевского вала.

Наиболее информативной из основной группы показателей является вершинная поверхность 4-го порядка (L_4), из группы производных — разность вершинной и базисной поверхностей 4-го порядка (A_4). Таким образом, мы видим, что между Елшано-Сергиевским и Советско-Степновским валами в характере связей морфометрических показателей со структурными горизонтами и в изменении характера этих связей по разрезу осадочной толщи имеется много общего. Следует отметить, что в этом отношении локальные структуры, даже принадлежащие к одной и той же структурной форме 2-го порядка, отличаются в гораздо большей степени. Мы считаем, что это является следствием того, что процесс формирования структур 2-го порядка содержит больше общих черт, чем процессы формирования локальных структур, которые генетически более разнородны.

Весьма существенным, с нашей точки зрения, в характере связей морфометрических показателей со структурными горизонтами является различие в упорядоченности основной группы показателей по их информативности. Если для территории Советско-Степновского вала была характерна четкая зависимость информативности базисных поверхностей от их порядка: чем больше порядок базисной поверхности, тем большее количество информации о геологическом строении вала в ней заключено, то картина, наблюдаемая на Елшано-Сергиевском вале, резко отлична.

Так как Елшано-Сергиевский вал в новейшее и современное время является более активной структурой, чем Советско-Степновский вал, то вследствие «запаздывания» реакции экзогенных процессов на тектонические импульсы базисные поверхности в пределах Елшано-Сергиевского вала должны иметь меньшую степень динамического приближения к гравитационному полю, чем в пределах Советско-Степновского вала. Этим, видимо, можно объяснить тот факт, что основные морфометрические показатели более информативны на территории Советско-Степновского вала. Обратная зависимость информативности поверхно-

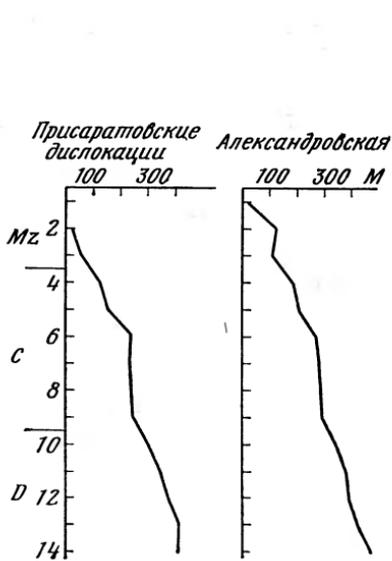


Рис. 1

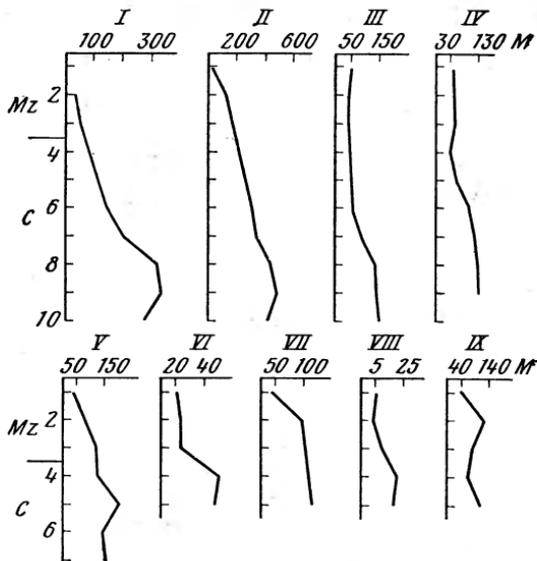


Рис. 2

Рис. 1. Изменение по разрезу ошибок прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей по комплексу морфометрических показателей на структурах Саратовского Правобережья

Структурные поверхности кровли: 1 — альбского яруса, 2 — батского яруса, 3 — палеозоя, 4 — верейского горизонта, 5 — башкирского яруса, 6 — тульского горизонта, 7 — бобриковского горизонта, 8 — упинского горизонта, 9 — малевского горизонта, 10 — задонско-елецкого горизонта, 11 — воронежского горизонта, 12 — семилюкского горизонта, 13 — терригенного девона, 14 — воробьевского горизонта

Рис. 2. Изменение по разрезу ошибок прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей по комплексу морфометрических показателей на структурах Саратовского Правобережья

Структуры: I — Песчаноуметская; II — Урицкая; III — Родионовская; IV — Некрасовская; V — Жирновско-Линевский вал; VI — Приволжская моноклираль; VII — Сплавнухинская; VIII — Каменская; IX — Сплавнухинская, Некрасовская, Топовская. Наименования структурных поверхностей см. рис. 1

стей от их порядка в пределах Елшано-Сергиевского вала объясняется, в свете сделанных предположений, более «быстрой» реакцией водотоков низкого порядка на тектонические импульсы.

Анализ корреляционных связей морфометрических показателей со структурными горизонтами на локальных поднятиях Елшано-Сергиевского вала показывает те же закономерности, что и на Советско-Степновском валу.

Таким образом, по характеру связи между морфометрическими показателями выделяется три группы: 1) группа основных показателей (высота рельефа, базисные и вершинные поверхности различных порядков), 2) группа производных показателей (разности базисных, вершинных поверхностей, разности между базисными и вершинными поверхностями), 3) группа градиентов базисных и вершинных поверхностей. Показатели основной группы почти функционально связаны между собой. Это неоднократно отмечалось ранее (Воробьев и др., 1967; Корнеев, 1965; Ласточкин, 1967).

Рассмотрим одну из основных оценок, характеризующих возможность использования морфометрических показателей при прогнозировании локальных поднятий. На рис. 1, 2 дано изменение ошибок прогнозирования разновозрастных структурных поверхностей по комплексу морфометрических показателей. Эти данные наглядно показывают, что при прогнозировании структурных поверхностей девонского и каменноугольного возраста ошибка прогнозирования значительна. Так как амплитуда рассматриваемых поднятий гораздо меньше ошибок, то подобная ошибка прогнозирования говорит о невозможности по морфо-

метрическим показателям сколько-нибудь точно говорить о характере изменения структурных поверхностей в пространстве. Ошибка прогнозирования по морфометрическим показателям резко уменьшается лишь для структурных поверхностей мезозойского возраста. Следовательно, морфометрические показатели могут быть использованы лишь для прогнозирования мезозойско-кайнозойского структурного плана и древних структур с унаследованным развитием в новейший этап тектогенеза.

Таким образом, анализ локальных поднятий Нижнего Поволжья показал, что наиболее четко отражаются в морфометрических показателях структуры, претерпевшие импульс структуроформирующих движений в мезозойско-кайнозойское время. Погребенные структуры и структуры с плановым несоответствием между различными этажами в морфометрических показателях отражения не находят.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

(по данным дешифрирования аэрофотоматериалов)

В широком комплексе приемов, составляющих неотъемлемую часть структурно-геоморфологического метода прогнозирования платформенной складчатости, важную роль играет анализ аэрофотоматериалов. Структурно-геоморфологическое дешифрирование заключается в выделении по аэрофотоматериалам форм и комплексов форм рельефа и элементов ландшафта, особенности распределения которых обусловлены новейшей тектоникой (Брод и др., 1962; Гридин, 1966; Кузнецов и др., 1973; Ушко и др., 1967; Якушова, 1964).

Рассмотрим информативность геоморфологических признаков, получаемых при дешифрировании аэрофотоматериалов (табл. 1), для прогнозирования платформенной складчатости и ошибки прогнозирования глубин залегания разновозрастных структурных поверхностей. На рис. 3 приведено изменение ошибок прогнозирования глубин залегания кровли воробьевского, задонско-елецкого, верейского горизонтов и кровли альбского яруса по комплексу геоморфологических показателей, включающему количество и длину оврагов, балок, ложбин стока и другие показатели (табл. 1).

Анализ результатов показывает, что прогнозирование глубин залегания кровли альбского яруса по этим геоморфологическим признакам практически невозможно. Если проследить изменение значений критерия Фишера (F), характеризующего корректность используемых моделей, то оказывается, что наиболее корректным является прогнозирование более глубокозалегающих структурных поверхностей. Почти для всех моделей, построенных по структурам 2-го и 3-го порядков (рис. 3), отношение дисперсий оказывается больше трех, свидетельствуя о корректности использования данного набора геоморфологических признаков для прогнозирования глубокозалегающих структурных поверхностей. Эта оценка имеет максимальные значения для кровли воробьевского горизонта и, как правило, резко уменьшается при переходе к структурным поверхностям молодого возраста.

Таким образом, в отличие от морфометрических показателей, которые являются наиболее информативными для прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей мезозойско-кайнозойского возраста, исследованный набор количественных геоморфологических показателей эрозионной сети дает возможность прогнозирования геометрии глубокозалегающих структурных поверхностей. Чем ближе структурная поверхность располагается к фундаменту, тем меньше ошибка прогноза глубины ее залегания. При этом для территорий, охватывающих различные структуры 2-го порядка, ошибка прогнозирования значительна, а подобная модель является некорректной. Для структур 2-го и в особенности 3-го порядков ошибка прогнозирования глубин залёга-

ния структурных поверхностей значительно меньше. Подобная закономерность свидетельствует об избирательном характере воздействия экзогенных факторов. Для оценки доли влияния экзогенного и эндогенного факторов воспользуемся тем обстоятельством, что в данных структурного бурения, характеризующих в пространстве изменение структурных поверхностей и мощностей мезозойско-кайнозойских отложений, отсутствует сильный информационный шум, проявляющийся при анализе геоморфологических показателей и связанный с проявлением экзогенных процессов. Если ошибка прогнозирования по комплексу геоморфологических признаков характеризует совместное действие эндогенного и экзогенного факторов, то ошибка прогнозирования по комплексу структурных поверхностей и мощностей отложений мезозой-

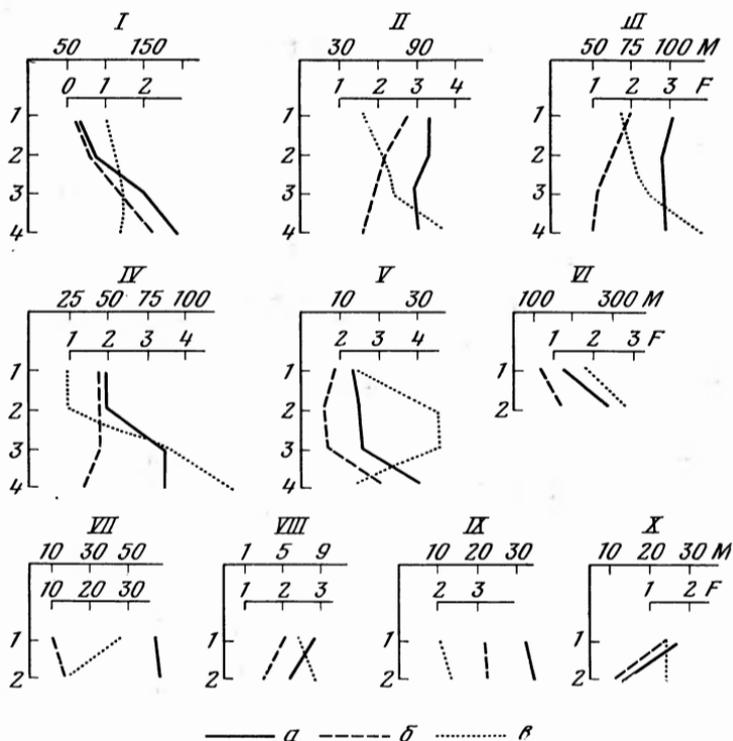


Рис. 3. Оценки среднеквадратических отклонений (а) глубин залегания кровли: 1 — альбского яруса, 2 — верейского, 3 — задонско-елецкого, 4 — воробьевского горизонтов; ошибка их прогнозирования ($S_{\Delta y}$) по комплексу геоморфологических показателей (б) и значение критерия Фишера (в)

Структуры: I — Саратовское Правобережье, II — Аткарская впадина, III — юго-восточная часть Аткарской впадины, IV — Карамышская впадина, V — Андреевская, VI — Озерская, VII — Языковская, VIII — Ширококарамышская, IX — Редноновская, X — Карамышская

ско-кайнозойского возраста определяется в основном только эндогенными факторами, т. е. развитием территории в новейший этап тектогенеза. На рис. 4 приведены ошибки прогнозирования разновозрастных структурных поверхностей по комплексу морфометрических показателей, по комплексу структурных поверхностей и мощностей мезозойско-кайнозойского возраста и соответствующие этим моделям значения критерия Фишера. Анализ этих моделей показывает, что использование данных по распределению геометрии и мощностей мезозойско-кайнозойских отложений позволяет корректно прогнозировать глубины залегания более древних структурных поверхностей. Подобная модель при использовании морфометрических показателей является корректной лишь для прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей мезозойско-кайнозойского возраста.

Таким образом, на этом примере мы убеждаемся в существенном влиянии экзогенных факторов при прогнозировании геометрии структурных поверхностей. Опыт работ в Нижнем Поволжье показал, что эта роль для различных структур различна и изменяется в широких пределах. Несколько повышает точность прогноза введение в качестве независимых переменных координат, позволяющих в некоторой степени учесть избирательный характер действия экзогенных факторов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что морфометрические показатели рельефа хорошо отражают структуру верхней части осадочной оболочки. Именно с глубинами залегания структурных поверхностей мезозойско-кайнозойского возраста, деформация которых

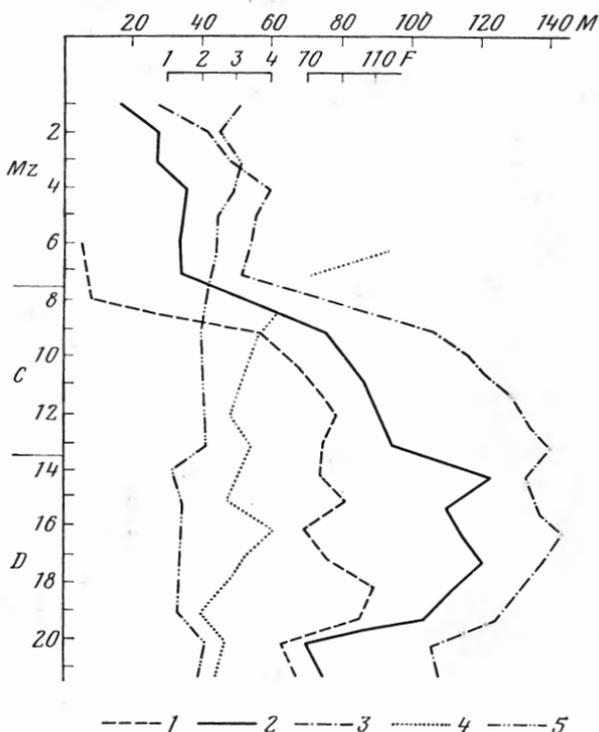


Рис. 4. Изменение по разрезу ошибок прогнозирования глубин залегания структурных поверхностей ($S_{\Delta y}$) и значений критерия Фишера (F), характеризующего корректность моделей, по Карамышской впадине.

1, 4 — соответственно $S_{\Delta y}$ и F по данным структурного бурения; 2, 5 — соответственно $S_{\Delta y}$ и F по комплексу морфометрических показателей; 3 — среднеквадратичные отклонения (S_y) глубин залегания структурных поверхностей.

Независимые переменные по данным структурного бурения: глубина залегания кровли аптского яруса, мощность маастрихтского, кампанского и туронского ярусов. Морфометрические показатели: базисная поверхность 4-го порядка, остаточный рельеф 2-го и 4-го порядков, разность базисных и вершинных поверхностей

обязана в основном проявлению новейшей тектоники, морфометрический набор показателей дает наименьшую ошибку прогнозирования, которая резко увеличивается для более древних структурных поверхностей. С показателями гидрографической сети картина наблюдается обратная.

ЛИТЕРАТУРА

Брод И. О., Ушко К. А., Якушова А. Ф. О задачах и методике структурно-геоморфологических исследований в Прикаспии. В кн. «Структурно-геоморфологические исследования в Прикаспии». Л., Гостоптехиздат, 1962.

Воробьев В. Я. Построение гипотетических структурных карт и прогнозирование локальных поднятий по морфометрическим показателям. В кн. «Структурно-геоморфологические исследования при нефтегазопромысловых работах». Л., «Недра», 1969.

- Воробьев В. Я., Жукова В. С., Философов В. П., Крстов А. И.* Выбор информативных показателей при морфометрическом методе поисков локальных структур. «Геология и геофизика», № 4, 1967.
- Воробьев В. Я., Бенина А. Д., Аристотелева Г. Ф., Воробьева Г. А.* Автоматизация обработки данных структурно-геоморфологического метода поисков тектонических структур. В кн. «Структурно-геоморфологические исследования при нефтегазопоскоковых работах». Л., «Недра», 1969.
- Герасимов И. П.* Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Гридин В. И.* Некоторые вопросы теоретического обоснования аэрогеологического и морфометрического методов. В кн. «Стратиграфия, литология и полезные ископаемые БССР». Минск, «Наука и техника», 1966.
- Горелов С. К.* Морфоструктурный анализ нефтегазоносных территорий. М., «Наука», 1972.
- Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. М., «Статистика», 1973.
- Каратаев Г. И.* Линейное прогнозирование геологического строения земной коры по гравитационным и магнитным аномалиям. В кн. «Исследование статистических и функциональных линейных связей в гравиразведке и магниторазведке». Новосибирск, «Наука», 1963.
- Корнеев Г. П.* О пределах применимости морфометрического метода поисков тектонических структур. «Геология нефти и газа», № 11, 1965.
- Кузнецов Ю. А., Сягаев Н. А., Чистяков А. А., Якушова А. Ф.* О развитии структурно-геоморфологических методов поисков нефти и газа. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 10, 1973.
- Ласточкин А. Н.* К вопросу о теоретическом обосновании некоторых морфометрических построений. В кн. «Вопросы морфометрии», вып. 2. Изд-во Саратовского ун-та, 1967.
- Мещеряков Ю. А.* Структурная геоморфология равнинных стран. М., «Наука», 1965.
- Николаев Н. И.* Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М., Госгеолтехиздат, 1962.
- Никонов А. Д., Воробьев В. Я., Философов В. П., Макаров С. А.* Количественные и качественные методы выделения информативных показателей при морфометрическом методе поисков локальных структур. В кн. «Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья», вып. 6. Изд-во Саратовского ун-та, 1970.
- Ушко К. А., Троцюк В. Я., Сырнев И. П.* Методика комплексных структурно-геоморфологических исследований при геологопоисковых работах на нефть и газ на примере изучения нефтегазоносных бассейнов юга СССР. В кн. «Структурно-геоморфологические исследования при изучении нефтегазоносных бассейнов». Л., «Недра», 1967.
- Философов В. П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Изд-во Саратовского ун-та, 1960.
- Флоренсов Н. А.* Что такое структурная геоморфология? «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 2, 1965.
- Химмельблау Д.* Анализ процессов статистическими методами. М., «Мир», 1973.
- Якушова А. Ф.* Методика структурно-геоморфологических исследований при поисках нефти и газа. «Вестник МГУ. Геология», № 3, 1964.

Нижневолжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики
МГ СССР

Поступила в редакцию
6.VI.1977

GEOMORPHIC INDICES INFORMATIVITY FOR PLATFORMIAN FOLDING PREDICTION

V. Ya. VOROBYEV

Summary

An algorithm of informative geomorphic indices discrimination and their complexes identification is introduced aiming to prediction of sedimentary mantle structural surfaces geometry. Using local uplifts of the Lower Volga region as the case study, the author shows that the morphometric indices of present-day topography are most important for prediction of the depth of Meso-Cenozoic structural surfaces; the quantitative indices of erosional network obtained by aerial photos interpretation allow to predict the geometry of deep structural surfaces.