

## Summary

The paper gives the solution of the volcanic islands slope geometry problem which has been obtained within the scope of a mathematical model developed on the basis of the hypothesis by G. F. Becker. The latter assumed volcanoes to be bodies of equal strength (resistance). The suggested equations describe the volcanic constructions profiles as a function of their height, crater's radius and the volcanic rock properties. The computer calculations results were used to construct theoretical contours of volcanic islands. Possible causes of terrace formation on the islands slopes are also discussed, as well as conditions of collapse caldera formation.

УДК 551.435.1 (235.222)

А. Г. ДЕМИН

## ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЯ

Изучение эрозионных процессов на территории Алтая позволило установить чрезвычайное разнообразие форм их проявления в различных геоморфологических условиях, в зависимости от литологии и климата, густоты и глубины эрозионного расчленения, строения и ориентировки эрозионных систем, экспозиции и крутизны склонов, степени залесенности и задернованности, а также хозяйственной деятельности, оказывающей существенное влияние на развитие оврагов, деформации русел и берегов рек, эрозию почв [1, 2]. Для региональной характеристики эрозионных процессов разработана схема геоморфологического районирования Алтая (рисунок), в основу которой положены особен-

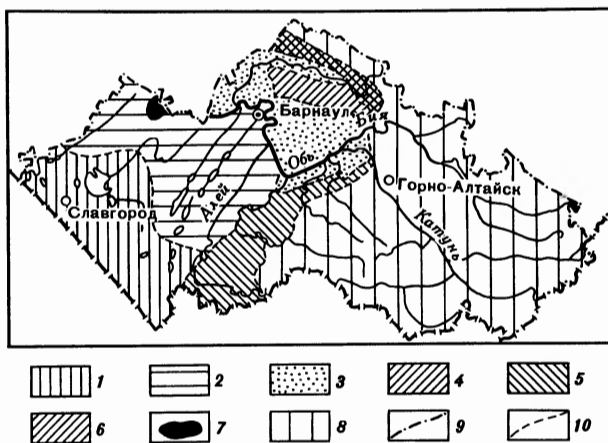


Схема геоморфологических районов Алтая  
 1 — Кулундинская равнина; 2 — Приобское плато; 3 — Террасированные долины правобережья Верхней Оби; 4 — Бийско-Чумышская возвышенность; 5 — Предалтайская равнина; 6 — Предсалаирская равнина; 7 — Каменское поднятие; 8 — Салаирский кряж и Горный Алтай; 9 — граница Алтайского края; 10 — границы геоморфологических районов

ности проявления эрозионных процессов, динамика долинного рельефа и верхних звеньев гидрографической сети на Алтайской равнине, Салаире и Горном Алтае. На схеме выделены: I — Кулундинская равнина, II — Приобское плато, III — террасированные долины правобережья Верхней Оби, IV — Бийско-Чумышская возвышенность, V — Предалтайская равнина, VI — Предсалаирская равнина, VII — Каменское поднятие, VIII — Салаир и Горный Алтай.

**Кулундинская равнина.** Основу эрозионной сети Кулундинской равнины

составляет р. Кулунда и ее притоки. Среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм колеблется от 1 до 2,4 км и более. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек и озер  $< 20$  м и редко 25—30 м. Рисунок сети в основном древовидный, параллельный, радиальный и линейный [3]. Овражно-балочный рельеф встречается на озерных террасах Кулундинского и Кучукского озер. Овраги и балки сравнительно небольших размеров (длиной от 30—70 до 300—500 м). Их развитие определяется процессами озерной абразии. Среднегодовой прирост вершин растущих оврагов редко превышает 0,3—1 м/год. Эрозионные рытвины и промоины приурочены к инженерным выемкам и склонам долин малых рек и балок, превращенных в пруды [4].

**Приобское плато** расположено между Кулундинской равниной и долиной Верхней Оби и представляет собой слабоволнистую равнину, расчлененную широкими и глубокими древними ложбинами, вытянутыми с юго-запада на северо-восток. Между ложбинами располагаются пологосклонные и плосковерхие водораздельные увалы. По сравнению с Кулундинской равниной поверхность Приобского плато расчленена эрозионными формами значительно сильнее. Среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм 0,6—2,4 км и менее. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек 50—150 м. Отдельные участки плато резко отличаются друг от друга по глубине и особенно по густоте эрозионного расчленения. Эрозионная сеть имеет параллельный и древовидный рисунок. Первый из них характерен для крупных форм (ложбин древнего стока), а второй — для их притоков.

Интенсивность руслоформирующих и эрозионных процессов на Приобском плато от места к месту и по сезонам года различна. На севере района они ослаблены вследствие малых уклонов поверхности и незначительного количества выпадающих осадков (в среднем от 250 до 300 мм/год). На северо-восточных участках плато средняя скорость деформаций подмываемых берегов рек 1,5—2 м/год, а максимальная скорость роста вершин донных врезов 3—5 м/год.

В центральной части плато скорости роста вершин оврагов 0,5—3 м/год, а скорость отступления подмываемых берегов рек в среднем 0,3—2 м/год. Скорость роста вершин оврагов на юге района 0,5—5 м/год. Отступление подмываемых берегов в долине р. Алей на участке между г. Алейском и с. Шипуново идет со скоростью 0,2—0,5 и до 5 м/год. На отдельных участках скорость роста дорожных промоин на склонах достигает 350—400 м/год [5].

Прибровочная поверхность левобережья Оби неширокой полосой в 5—7 км расчленена овражно-балочной сетью в большей степени, чем другие участки плато. Большая густота и глубина овражно-балочного расчленения обусловлены прежде всего близостью местного базиса эрозии — уровня Оби, а также резким перепадом относительных высот (до 150 м) и увеличением уклона (до 0,02). Значительную роль в развитии рельефа играет направленное смещение русла Оби в сторону левого коренного берега на участках между с. Усть-Чарышская Пристань и Барнаулом (на запад) и между Барнаулом и с. Шелаболихой (на юг), сопровождающееся его размывами.

На участке Елунино — Черемно-Подгорное встречаются суффозионные воронки, описанные впервые Г. В. Заниным [6]. Кроме этих форм встречаются также суффозионно-просадочные рвы и колодцы, развитые обычно вдоль трещин отрыва тела оползня. Подобные формы обнаружены автором на днищах и склонах некоторых оврагов у с. Елунино. В районе Барнаула развиты техногенные овраги, обусловленные нерациональной прокладкой по склону труб для сброса промышленных сточных вод. Как правило, овраги наследуют инженерные выемки, выполненные для этих сооружений [7]. Средняя скорость роста вершин оврагов в пределах левобережья Оби 1—3 м/год, максимальная 7—12 м/год.

Некоторое влияние на развитие эрозионной сети оказывает также сельскохозяйственное освоение водосборов верхних звеньев гидрографической сети на

эрозионно-опасных участках этого района. В перспективе наиболее опасным в эрозионном отношении следует считать левый коренной борт долины Верхней Оби, так как река будет продолжать размыв своего левого берега, активизируя рост береговых и донных овражных форм, а также врезание малых русел на приустьевых участках.

**Террасированные долины правобережья Верхней Оби** находятся в восточной и северной частях Алтайской равнины; долина Оби пересекает ее широкой полосой (до 120 км), вытянутой с юго-востока на северо-запад от с. Сростки до с. Крутиха. На этом отрезке она имеет два сужения: у Барнаула — до 40 км и у г. Камень-на-Оби — до 3—4 км (здесь Обь в узкой antecedentной долине пересекает Каменское поднятие). По р. Чумыш террасированная долина шириной в 10—20 км прорезывается от с. Антипино до впадения реки в Обь, несколько сужаясь в районе сел Кытманово и Новоглушенка.

Террасированные долины расчленены значительно меньше, чем Приобское плато. Среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм колеблется от 0,6 до 2,4 км. На каждый квадратный километр площади приходится примерно 0,2 км длины эрозионных форм. В долине Верхней Оби рисунок эрозионной сети обусловлен расположением проток, рукавов, затонов и стариц в пределах пойм.

Результаты наблюдений за динамикой берегов рек бассейна Верхней Оби показывают, что скорость их деформации, при прочих равных условиях, зависит от величины руслоформирующих расходов и закономерно уменьшается в сторону меньшего по долине порядка. Максимальное боковое смещение русел наблюдается в весенний период (апрель, май), во время значительного подъема уровня воды. Некоторое влияние на скорость отступления берегов рек оказывают их высота, крутизна, степень задернованности и залесенности. На величине деформаций сказывается и хозяйственное освоение приречных поверхностей подмываемых коренных склонов, площадок террас и пойм.

Особенность террасированных долин — некоторые различия в скорости роста оврагов на разных гипсометрических уровнях. Очень медленно развиваются овражные формы на пойме и на I, II, III гравийно-галечниковых террасах Оби и ее притоков из-за малой крутизны их поверхности (1—2°) и значительной противозэрозионной устойчивости пород. Скорости роста оврагов здесь от 0,1 до 3,0 м/год. На поверхности I, II и III песчаных террас овражные формы слабо растут вследствие высокой инфильтрационной способности песков. На IV и V террасах Оби и Бии и коренных склонах, сложенных в основном лёссовидными суглинками, скорость роста оврагов несколько больше, чем на упомянутых уровнях, и составляет в среднем 0,5—1,7 м/год. Это обусловлено высокой размываемостью лёссовидных пород, значительной высотой этих террас над базисом эрозии, а также повсеместным хозяйственным освоением территории.

Отступление бровок овражных склонов связано также с составом горных пород. Склоны южной экспозиции, сложенные супесями и песками, отступают в 2—3 раза быстрее, чем склоны такой же экспозиции, но сложенные лёссовидными суглинками. Так, в районе Барнаула (на левом берегу Оби) средняя скорость отступления овражных склонов в лёссах 0,1—0,4 м/год, а склонов, сложенных песками и супесями (аллювий II надпойменной террасы Оби), — соответственно 0,3—0,5 м/год.

**Бийско-Чумышская возвышенность** расположена на северо-востоке Алтайской равнины. Возвышенность расчленена долинами притоков Оби и Чумыша на ряд пологоувалистых плоских участков шириной от 5 до 15 км. Они в общих чертах повторяют ориентировку долин притоков и вытянуты по направлению с юго-запада на северо-восток. На юго-востоке района эта закономерность нарушается. Эрозионная сеть, имея здесь радиальный (центробежный) рисунок, ориентирована уже по всем главным направлениям (С, СВ, В, СЗ). Поэтому и водораздельные пространства чаще всего расширяются от истоков долин к их устьям, приобретая, как и речные долины, сложную конфигурацию.

Средняя протяженность эрозионной сети в пределах района 0,5—0,6 км/км<sup>2</sup>. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек 50—150 м. Среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм колеблется от 0,6 до 1,2 км. Все эти морфометрические показатели свидетельствуют о большей расчлененности возвышенности по сравнению с соседним районом террасированных долин. По ориентировке долин 3—4-го порядков оба района очень похожи между собой: преобладает северо-восточное направление спрямленных участков речных долин.

Скорости отступления подмываемых берегов составляют в среднем 0,2—2,0 м/год. В долинах рек Бобровки, Черемшанки, Большой Речки скорости отступления подмываемых берегов пойм примерно одинаковы. Это связано прежде всего с приближенно равными руслоформирующими расходами, с одинаковой высотой пойм (1,5—2,0 м) и со сходным их строением. Обычно пойменный аллювий на этих реках представлен переслаивающимися супесями и иловатыми суглинками.

В долине р. Чумыша (у с. Мартыново) средняя скорость деформации подмываемых берегов составляет 0,2—1,6 м/год. Рост вершин оврагов и промоин 2—5 м/год. По сравнению с долинами других рек эти показатели развития берегов (и вершин оврагов) указывают на значительное увеличение противозерозионной стойкости пород. Действительно, наряду с пойменной фацией аллювия, представленной супесями и суглинками, в нижней части разрезом пойм здесь часто можно наблюдать русловую фацию, представленную мелким галечником с заполнителем из крупнозернистого песка. Разрушение таких берегов идет гораздо медленнее (в 1,5—2 раза), чем берегов, сложенных переслаивающимися супесями и суглинками.

На территории района особенно интенсивно развиваются молодые эрозионные врезы — промоины и овраги. Наибольшее число оврагов приурочено к населенным пунктам и находится пока в прямой зависимости от интенсивности хозяйственной деятельности человека. Многие исследователи [8—11], указывая на увеличение протяженности овражно-балочной сети за последние 100 лет, связывают это с началом интенсивного освоения территории.

В целом для Бийско-Чумышской возвышенности характерно северо-восточное простирание спрямленных участков долин, связанное с заложением их вдоль среднечетвертичных разломов. Глубина вреза современных оврагов на возвышенности достигает 50 м, а длина — 3,5 км. Скорость роста вершин некоторых форм в северо-западной части района составляет 10—15 м/год.

**Предалтайская равнина** протягивается сравнительно узкой полосой (от 10 до 70 км) с юго-запада на северо-восток вдоль северных предгорий Алтая. Поверхность равнины расчленена долинами рек Аляя, Чарыша, Ануя, Песчаной, Каменки, Катуни, Бии и их притоков на ряд пологоувалистых участков, вытянутых в северном, западном и северо-западном направлениях. По рисунку эрозионная сеть относится к древовидному, прямоугольному, диагональному и радиальному типам.

Средняя протяженность эрозионной сети в целом по району составляет 0,21—0,71 км/км<sup>2</sup>. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек (по элементарным бассейнам) 50—300 м, а среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм колеблется от 4 до 2,6 км, таким образом, по сравнению с Бийско-Чумышской возвышенностью глубина вреза здесь в 2, а густота в 1,5 раза больше. Отличаются эти районы и по ориентировке долин. Если для возвышенности характерным является только северо-восточное простирание спрямленных участков долин, то на Предалтайской равнине примерно одинаково представлены северное, северо-восточное и субширотное.

Современные скорости отступления подмываемых берегов р. Бии, по наблюдениям у с. Соусканихи, колеблется в пределах от 1 до 2 м (для поймы) до 0,3—0,4 м/год (для IV надпойменной террасы). Средняя скорость роста вершин оврагов, врезанных в аллювий IV террасы, 2—7 м/год. Для Предалтайской

равнины характерно закономерное изменение преобладающих направлений в ориентировке эрозионной сети с субмеридионального (на юго-западе) на северо-восточное, субширотное (в центральной части) и на северо-восточное и северо-западное (на северо-восточной ее окраине).

Современные процессы эрозии в пределах района протекают довольно энергично. Это связано с большой крутизной склонов (от 10 до 30°) и значительными относительными превышениями водораздельных пространств над днищами эрозионных форм (до 300 м).

**Предсалаирская равнина** расположена между Салаиром и долиной р. Чумыша. Она сильно расчленена долинами рек и в меньшей степени балками и оврагами. Для района характерно южное и юго-западное направление главных речных долин и хорошо выраженный уклон местности на юго-запад. На юго-востоке района преобладает субширотная и северо-западная ориентировка долин, связанная с заложением их вдоль небольших неогеновых разломов, параллельных фасу Алтая. Главные речные долины асимметричны. Более крутыми являются чаще всего склоны западной экспозиции. Водораздельные увалы достигают высоты 30—40 м, при ширине 3—5 км.

Средняя протяженность эрозионной сети составляет здесь 0,5—0,74 км/км<sup>2</sup>, что несколько больше, чем на Предалтайской равнине (0,21—0,71 км/км<sup>2</sup>). Максимальные превышения водоразделов над урезами рек 50—200 м, а среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм 0,6—1,2 км. Для эрозионной сети исследуемой территории характерны древовидный и диагональный типы рисунка.

В связи с относительно стабильным развитием морфоструктур эрозионная сеть здесь самая древняя по сравнению с рассмотренными выше районами. Долинный рельеф Предсалаирской равнины характеризуется сплошной задернованностью и залесенностью, вследствие чего современные эрозионные процессы протекают замедленно. Только в местах сплошных лесных вырубок и уничтожения почвенного покрова встречаются свежие эрозионные врезы — промоины и молодые овраги.

**Каменское поднятие**, являясь юго-западной ветвью Салаирского кряжа, протягивается узкой полосой (от 10 до 40 км) в юго-западном направлении по линии с. Маслянино — Черепаново — г. Камень — с. Зятьково. В современном рельефе Каменское поднятие выражено в виде крупного увала юго-западного простирания с абс. отметками 200—320 м. Средняя протяженность эрозионной сети в пределах района 0,19—0,58 км/км<sup>2</sup>. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек 50—150 м, а среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм 0,8—1,6 км. По характеру эрозионного расчленения район занимает промежуточное положение между Приобским плато и Предсалаирской равниной.

Эрозионная сеть образует типичный радиальный рисунок; направлена от центра возвышенности (смещенного к северо-западу). Проведенные исследования ориентировки спрямленных участков долин в пределах Каменского поднятия подтверждают четкую связь долин с разломами в палеозойском фундаменте и мезозой-кайнозойском платформенном чехле (коэффициенты корреляций 0,7—0,9). Динамика эрозионных процессов здесь близка по скорости роста оврагов и развития подмываемых берегов Предсалаирской равнине.

**Салаирский кряж и Горный Алтай** служат горным обрамлением Алтайской равнины. Современные эрозионные процессы, несмотря на значительную крутизну склонов, большую увлажненность, протекают здесь замедленно, так как в днищах долин вскрываются стойкие палеозойские породы, а водоразделы сплошь залесены. Молодые эрозионные формы встречаются в местах интенсивного хозяйственного освоения.

Салаир является наиболее вытянутым к северу отрогом Алтайской горной системы. Сложно дислоцированные палеозойские породы кряжа перекрыты неогеновыми корами выветривания и четвертичными суглинками небольшой мощ-

ности (0,5—2,0 м). Средняя протяженность эрозионной сети Салаирского кряжа составляет 0,74—0,80 км/км<sup>2</sup>, что больше, чем в вышеописанных районах. Близкими по этому показателю будут только Бийско-Чумышская возвышенность и Предалтайская равнина. Максимальные превышения водоразделов над урезами рек 100—300 м, а среднее расстояние между тальвегами эрозионных форм 0,4—0,8 км.

Для Салаирского кряжа типичен древовидный тип рисунка эрозионной сети. Встречаются также диагональный, прямоугольный и решетчатый типы. В Салаирском кряже наблюдается северо-восточная преобладающая, субмеридиональная и субширотная ориентировки эрозионной сети, обусловленные историей его развития и морфоструктурным планом. Для Салаира характерно почти полное отсутствие овражно-балочной сети. Это связано с тем, что склоны, хотя и достаточно крутые (до 30°), покрыты плотной дерниной и сплошь залесены, следовательно, разрушение их поверхностными водами невелико. Кроме того, слагающие склоны плотные делювиальные суглинки обладают высокой противозрозионной устойчивостью.

Горный Алтай, с абс. высотами 300—4500 м, окаймляет равнинную часть исследуемой территории с юго-востока. Здесь развиты широкие плоские слабо-расчлененные водораздельные поверхности, прорезанные долинами рек. Большая часть площади приходится на водораздельное плато с углами наклона не более 3—20°.

Гостота эрозионного расчленения Горного Алтая более значительна по сравнению с равнинной частью; расстояние между тальвегами эрозионных форм обычно меньше 0,4 км, что связано с большим количеством выпадающих здесь осадков (от 700 до 1000 мм) и сравнительно большими высотами. Глубина расчленения тоже очень значительна (150—450 м), поскольку степень воздымания этой территории в неогене и четвертичное время была максимальной. В ориентировке спрямленных участков долин отмечается большое разнообразие и примерно одинаковое распределение их по основным румбам; господствующим является северо-восточное.

Таким образом, выделенные районы различаются по особенностям строения, по рисунку эрозионной сети, густоте и глубине расчленения поверхности. Скорости роста оврагов и отступания подмываемых берегов рек также различны, но не столь велики. Основное направление большей части эрозионных форм предопределено тектоникой. В большинстве районов преобладающее северо-восточное направление эрозионных форм связано со средне-позднечетвертичными разломами или с новейшими пликативными дислокациями. Роль тектоники в ориентировке спрямленных участков долин увеличивается от Кулундинской низменности в сторону Салаирского кряжа и Горного Алтая, что связано с уменьшением глубины залегания палеозойского фундамента.

Увеличение количества осадков от западных окраин Алтайской равнины к ее горному обрамлению на востоке и юго-востоке является причиной увеличения густоты и глубины эрозионного расчленения.

Эрозионная сеть Горного Алтая и Салаирского кряжа по сравнению с Алтайской равниной достаточно густая и глубоко врезана в коренные породы палеозойского фундамента. Связь между ориентировкой отдельных участков долин, их конфигурацией и простиранием разломов здесь очень тесная (коэффициент корреляции 0,7—0,9). Закономерно прослеживается нарастание динамичности малых эрозионных форм и отступания подмываемых берегов рек от Кулундинской равнины в сторону предгорий Алтая и Салаирского кряжа. В Горном Алтае динамика эрозионных форм прямо зависит от интенсивности хозяйственного освоения долинного рельефа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Демин А. Г. Современные тенденции развития эрозионной сети Алтайской равнины в связи с хозяйственным освоением ее территории // Охрана, рациональное использование и воспроиз-

- водство природных ресурсов Алтайского края. Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1975. С. 24—26.
2. Демин А. Г. Методика выделения геоморфологических районов по особенностям строения и динамики эрозийных систем (на примере Алтайской равнины) // Современные аспекты изучения эрозийных процессов. Новосибирск: Наука, 1980. С. 248—252.
  3. Демин А. Г., Маринин А. М. Особенности эрозионного рельефа предгорий и равнин Алтайского края // Вопросы географии Горного Алтая. Барнаул, 1976. С. 24—46.
  4. Демин А. Г. Динамика малых эрозионных форм рельефа равнин Алтайского края // Теория и практика природопользования. Барнаул, 1983. С. 53.
  5. Демин А. Г. Динамика молодых эрозионных форм в долине Алея // Проблемам Алея — комплексное решение. Барнаул, 1976. С. 32—34.
  6. Занин Г. В. Современная овражная эрозия Алтайских равнин и борьба с ней // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1962. № 6. С. 43—49.
  7. Демин А. Г. Влияние инженерных сооружений на денудационные процессы в долинах рек Бии и Оби // География Западной Сибири. Барнаул, 1972. С. 11—13.
  8. Занин Г. В., Александрова В. Д. Физико-географическая характеристика территории освоения целинных и залежных земель в Алтайском крае // Изв. ВГО. 1955. Т. 87. № 3. С. 205—219.
  9. Крюков А. С. Овражная эрозия на территории Бие-Чумышской возвышенности // Уч. зап. Горно-Алтайского гос. пед. ин-та. Горно-Алтайск, 1958. Вып. 3. Т. 2. С. 85—92.
  10. Остроумов В. М. Овражная эрозия и процессы ее естественного затухания на территории Бие-Чумышской лесостепи // Изв. Алтайского отд. геогр. о-ва. Барнаул, 1963. Вып. 3. С. 107—114.
  11. Третьяков Е. В. Современные геологические процессы и явления в Алтайском крае и их инженерно-геологическая характеристика // Тр. НИИ по инженерным изысканиям и строительству Госстроя СССР. М., 1972. Т. XVI. С. 241—258.

Алтайский государственный университет

Поступила в редакцию  
29. XII. 1987

## EROSION PROCESSES IN THE ALTAI

DYOMIN A. G.

### S u m m a r y

Geomorphological regions, singled out within the limits of plains and mountains of the Altai Territory, differ from each other in structure, erosion network pattern, in density and depth of dissection. The general direction of most forms in erosional system is predetermined by tectonics. In most regions NE direction of erosional landforms prevails which is controlled by mid- and late Quaternary faults or recent folds. The increase of minor erosional form instability and lateral channel erosion is traced from Kulunda Plain towards the Altai and Salair foothills. The dynamics of erosion in the Altai mountains depends directly on the land use of the territory.

УДК 551.462

В. Е. ИВАНОВ, И. Э. ЛОМАКИН, А. Л. СОРОКИН,  
В. Р. МОРОЗЕНКО

## ГЕОМОРФОЛОГИЯ ПОДВОДНЫХ ГОР УГЛОВОГО ПОДНЯТИЯ (Северная Атлантика)

Начиная с 1974 г. Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича и Институт геологических наук АН УССР проводят геолого-геоморфологические исследования подводных гор Северной Атлантики с применением обитаемых автономных подводных аппаратов (ПА). В процессе этих исследований накоплен опыт использования ПА в геологических и рыбопромысловых целях и собран материал, имеющий важное значение для решения общегеологических и промыслово-океанографических задач. В результате получены новые данные по геоморфологии подводных гор Углового поднятия (рисунок), позволяющие значительно дополнить представления о геологическом строении и рельефе дна региона.