

Viləşçay hövzəsi yamaclarının dərininə parçalanmasının morfometrik tədqiqi**Alməmmədli Məsud Gülahı oğlu** ORCID 0000-0002-3105-9297*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, c.f.d, baş müəllim*
masud.almammadli@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixçəsi Daxilolma tarixi: 23.09.2025 Düzəliş tarixi: 16.01.2026 Qəbul olunma tarixi: 06.02.2026	<i>Bu tədqiqat, Azərbaycanın cənub-şərqində yerləşən Vilyaşçay çayı hövzəsində yamacların parçalanma dərinliyinin morfometrik təhlilini təqdim edir. Tədqiqatda relyefin parçalanma dərəcəsinin öyrənilməsində dəqiqliyi artırmaq məqsədilə GIS texnologiyalarından və hövzə yanaşmasından istifadə olunmuşdur. Rəqəmsal relyef modellərinin (DEM) və Sentinel-2 peyk məlumatlarının integrasiyası yamacların identifikasiyası və risk qiymətləndirilməsinin dəqiqliyini artırmış, tektonik və eroziya təsirlərini ön plana çıxarmışdır. Böyük Qafqaz və Əlbərs dağları ilə aparılan müqayisəli təhlil Vilyaşçay hövzəsinin özünəməxsus geomorfoloji xüsusiyyətlərini ortaya qoymuşdur. Əldə olunan nəticələr relyefin formalaşması, tektonik proseslər və landşaftın təkamülünü anlamağa töhfə verir və torpaqdan istifadənin planlaşdırılması, eroziyanın qarşısının alınması və dayanıqlı turizm inkişafı üçün praktik əhəmiyyət daşıyır. Hövzə əsaslı GIS yanaşması ənənəvi tor əsaslı metodlardan üstün olmaqla, qlobal miqyasda geomorfoloji tədqiqatlar üçün miqyaslanı bilən bir çərçivə təqdim edir</i>
Açar sözlər morfometrik təhlil, yamac parçalanması, Viləşçay hövzəsi, GIS-texnologiyaları, geomorphologiya, hövzə yanaşması, geoxətlər	

Giriş

Viləşçay hövzəsi, Azərbaycanın cənub-şərqində, Talış dağ sistemində yerləşən, relyefin güclü parçalanması, aktiv tektonika və müxtəlif litologiya ilə xarakterizə olunan geoloji cəhətdən dinamik bir bölgədir. Yamacların dərininə parçalanmasının morfometrik təhlili landşaftın inkişafını, geomorphological prosesləri və uçqun, sel və daşqın kimi geoxətlərə həssaslığı anlamaq üçün mühüm alətdir. Ənənəvi sətər əsaslı morfometrik metodlar təsadüfi hündürlük seçimi səbəbindən qeyri-dəqiq nəticələr verir [7]. Bunun əksinə, hidroloji və topoqrafik sərhədləri nəzərə alan hövzə əsaslı yanaşma relyef təhlili üçün daha dəqiq çərçivə təklif edir [6, s.76-80; 10].

Tədqiqat ərazisi, Elburs-Talış dağlıq silsiləsinin bir hissəsi olaraq, Xəzər dənizinə yaxınlığı səbəbindən tektonik-geomorfoloji qarşılıqlı təsirləri öyrənmək üçün əsas bölgədir. Talış dağlarında əvvəlki geomorfoloji tədqiqatlar aparılmış olsa da [3; 4], müasir GIS və uzaqdan zondlama texnologiyalarından istifadə edən kompleks morfometrik təhlillər məhduddur. Bu tədqiqat bu boşluğu doldurmaq üçün yüksək dəqiqlikli topoqrafik xəritələr və Sentinel-2 təsvirlərindən istifadə edərək yamacların dərininə parçalanma dərəcələrini kəmiyyətləşdirir, onların məkan paylanmasını qiymətləndirir və torpaq istifadəsinin planlaşdırılması ilə geoxətlər azaltma tədbirləri üçün təkliflər verir.

Tədqiqatın məqsədləri:

1. Viləşçay hövzəsində yamacları dərininə parçalanma dərəcələrinə görə ayırmaq və təsnif etmək;
2. tektonik, litoloji və eroziya proseslərinin qarşılıqlı təsirini təhlil etmək; (3) davamlı torpaq idarəetməsi və turizm inkişafı üçün praktik tövsiyələr təqdim etməkdir.

Materiallar və metodlar

Viləşçay hövzəsi, Azərbaycanın cənub-şərqində, 781,69 km² sahəni əhatə edir və dəniz səviyyəsindən Kömürküy dağında 2493 m-ə qədər müxtəlif topoqrafiyaya malikdir. Hövzənin orta

və aşağı axınları rütubətli subtropik zonada yerləşir, Viləşçay çayı Xəzər dənizinə tökülür. Müxtəlif çökmə və vulkanik süxurlardan ibarət mürəkkəb geologiyası və aktiv tektonik qırılmalar relyefin güclü parçalanmasına səbəb olur [5].

Azərbaycan Dövlət Kartografiya Agentliyindən əldə edilmiş 1:10,000 miqyaslı yüksək dəqiqlikli topoqrafik xəritələrdən istifadə edərək 464 elementar yamac ayrılmışdır. Dərininə parçalanma dərəcəsi (ΔH) aşağıdakı formula ilə hesablanmışdır:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$$

burada ΔH – dərininə parçalanma dərəcəsi, $H_{\max}$ – yamacın maksimum hündürlüyü, $H_{\min}$ – yamacın minimum hündürlüyüdür. Topoqrafik xəritələrdən 10 m qətnaməli rəqəmsal relyef modeli (DEM) yaradılmış, yamac sərhədlərinin dəqiqliyini artırmaq üçün 2024-cü ildə əldə edilmiş Sentinel-2 peyk təsvirləri (10 m xəta) inteqrasiya edilmişdir. Hövzə əsaslı yanaşmaya uyğun olaraq yamacların ayrılması üçün suayırıcı təhlili alətləri tətbiq edilmişdir. Dərininə parçalanma dərəcələri yeddi intervalda təsnif edilmişdir: 0–200 m, 200–400 m, 400–600 m, 600–800 m, 800–1000 m, 1000–1200 m və >1200 m.

Məkan təhlilləri ArcGIS 10.2.1-də Spatial Analyst və 3D Analyst alətləri ilə aparılmış, sahə ölçüləri, statistik modelləşdirmə və xəritə tərtibi həyata keçirilmişdir. Parçalanma kateqoriyaları üzrə məkan dəyişkənliyini qiymətləndirmək üçün ANOVA testi tətbiq edilmişdir. Azərbaycan Geoloji Xidmətindən əldə edilmiş litoloji və seysmik məlumatlarla inteqrasiya edilərək geoxətər həssaslıq indeksi hazırlanmışdır. DEM-in dəqiqliyini təmin etmək üçün 10 sahədə yerində yoxlama aparılmış, səhv faizi 5%-dən aşağı olmuşdur. Nəticələr tematik xəritələr (Şəkil 1 və 2), statistik diaqramlar və cədvəllərdə (Cədvəl 1 və 2) ümumiləşdirilmişdir.

Tədqiqatın müzakirəsi

Morfometrik təhlil Viləşçay hövzəsində orta dərəcədə parçalanmış yamacların (400–800 m) dominant olduğunu göstərir, bu yamaclar 461,92 km² (59,09%) sahəni və 270 yamac (58,19%) təşkil edir. Əsasən orta və yüksək dağlıq zonlarda yerləşən bu yamaclar aktiv eroziya və denudasiya prosesləri ilə formalaşır, dağ-piyada turizmi üçün uyğundur, lakin eroziyaya nəzarət üçün investisiyalar tələb edir. Zəif parçalanmış yamaclar (0–400 m) 189,10 km² (24,19%) sahəni və 154 yamac (33,19%) əhatə edir, aşağı axınlarda yerləşir və yumşaq meylləri səbəbindən velo- və avtoturizm üçün idealdır. Güclü parçalanmış yamaclar (>800 m) 130,67 km² (16,72%) sahəni və 40 yamac (8,62%) təşkil edir, tektonik aktivlik və uçqun, sel, daşqın kimi geoxətlərə həssasdır.

Dərininə parçalanma dərəcələrinin məkan paylanması tektonik yüksəlmə, litoloji müxtəliflik və eroziya proseslərinin qarşılıqlı təsirini əks etdirir [2]. Güclü parçalanmış yamaclar qırılma zonaları və vulkanik süxur çıxıntıları ilə əlaqələndirilir, bu da geoloji xəritələrlə təsdiqlənmişdir [5]. Böyük Qafqaz [16] və Elburs dağları [18, s.1-12] ilə müqayisəli təhlillər Viləşçay hövzəsinin Xəzər dənizinə yaxınlığı və aktiv tektonika səbəbindən unikal geomorfoloji xüsusiyyətlərini vurğulayır. Sentinel-2 təsvirləri aşağı axınlarda sıx bitki örtüyünün eroziya nümunələrinə təsirini göstərmiş, torpaq istifadəsinin planlaşdırılmasına təsir etmişdir. Hövzə əsaslı yanaşma, GIS ilə birləşdirildikdə, sətər əsaslı metodlara nisbətən daha dəqiq nəticələr vermiş, hündürlük artefaktlarını azaltmışdır [11], s.40-46]. Geoxətər həssaslıq indeksi >800 m parçalanma dərəcəli zonaları uçqun monitorinqi üçün prioritet sahələr kimi müəyyənləşdirmiş, infrastruktur planlaşdırması və fəlakət riskinin azaldılmasına töhfə vermişdir.

Nəticələr dağlıq bölgələrdəki morfometrik təhlillər üzrə global tədqiqatlarla uyğunlaşır [19, 21]. Orta dərəcədə parçalanmış yamacların üstünlüyü tektonik və iqlim faktorlarının təsir etdiyi dinamik landşaftı göstərir, davamlı turizm və eroziya idarəetməsi üçün praktik tətbiqlər təklif edir [14].

Cədvəl 1-ə əsasən, yamacların parçalanma dərəcəsinə görə təsnifatı verilmişdir: 0-400 (zəif parçalanmış), 400-800 (orta parçalanmış), 800-1200 və 1200-dən yuxarı (yüksək parçalanmış), nəticələri Cədvəl 2-dən tədqiq olunan rejimdə ümumiləşdirilmişdir.

Cədvəl 1.

Viləşçay hövzəsi yamaclarının əsas kartometrik və morfometrik göstəriciləri

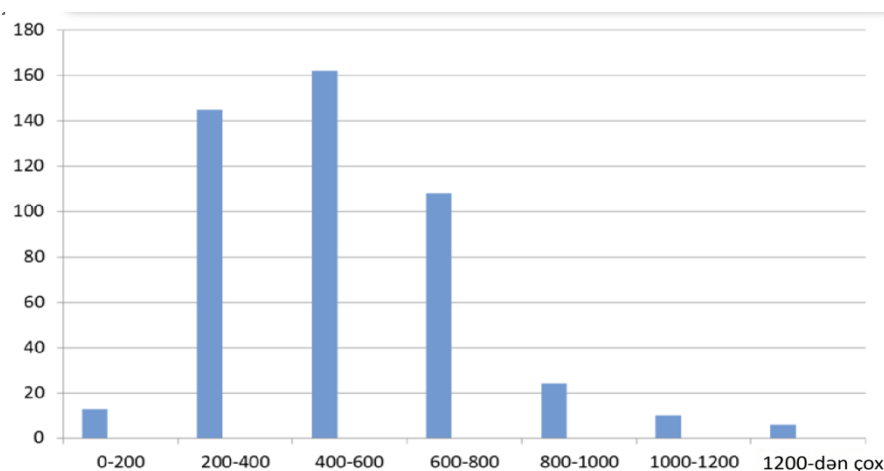
S.s.	Dərinlik parçalanması dərəcəsi (metrlə)	Kəmiyyət N		Sahə S (km ²)		Yamacların sıxlığı K (yamac/km ²)
		Say	Faiz	Say	Faiz	
1	2	3	4	5	6	7
1	0-200	13	2.8	13.21	1.69	0.98
2	200-400	141	30.39	175.89	22.50	0.80
3	400-600	162	34.91	264.88	33.89	0.61
4	600-800	108	23.28	197.04	25.20	0.55
5	800-1000	24	5.17	64.78	8.29	0.37
6	1000-1200	10	2.16	44.35	5.67	0.23
7	1200-dən yüksək	6	1.29	21.54	2.76	0.28
Cəmi		464	100.00	781.69	100.00	0.59

Sayına (270; 58,19%) və sahəsinə (461,92 kv.km; 59,09%) görə ($H=400-800$ m) yamaclar üstünlük təşkil edir. Onlar orta dağlıq və qismən yüksək dağlıq zonalarda yayılmışdır. Burada iqtisadi fəaliyyət üçün əlavə maliyyə sərmayəsi tələb olunur. Eroziya və denudasiya prosesləri geniş yayılmışdır. Dağ gəzinti turizmi mümkündür. Belə yamacların sıxlığı 0,59-dur.

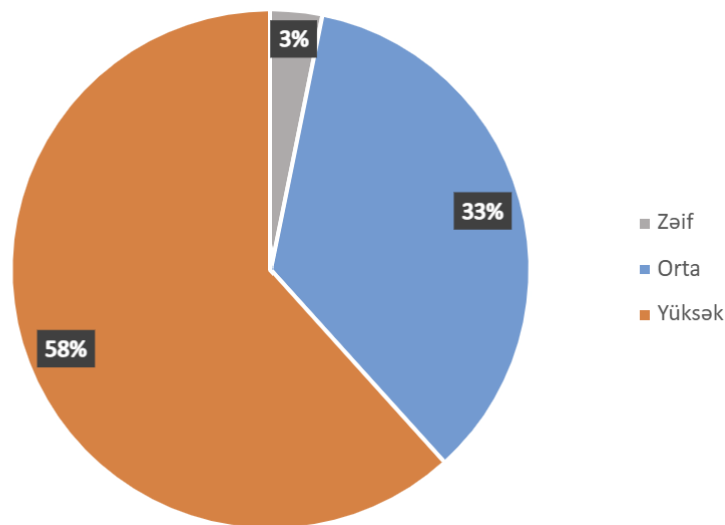
Cədvəl 2.

Viləşçay hövzəsində müxtəlif dərəcəli parçalanmaya məruz qalmış yamacların əsas kartometrik və morfometrik göstəriciləri

S.s.	Yamacların dərinlik parçalanma dərəcəsi	Kəmiyyət N		Sahə S (km ²)		Yamacların sıxlığı K (yamac/km ²)
		Say	Faiz	Say	Faiz	
1	2	3	4	5	6	7
1	Zəif parçalanmış (0-400)	154	33.19	189.10	24.19	0.82
2	Orta dərəcədə parçalanmış (400-800)	270	58.19	461.92	59.09	0.59
3	Yüksək parçalanmış (800-1200 və yuxarı)	40	8.62	130.67	16.72	0.31
Cəmi		464	100.00	781.69	100.00	0.59



Şəkil 1. Viləşçay çayı hövzəsinin yamaclarının parçalanma dərinliklərinin paylanma histqramması



Şəkil 2. Vilyaşçay hövzəsi yamaclarının dərinlik parçalanma dərəcəsinin paylanma diaqramı.

Zəif parçalanmış ($\Delta H = 0-400$ m) yamaclar əsasən Vilyaşçayın aşağı axarında geniş yayılmışdır. Onlar tədqiq olunan ərazinin 189,10 kv.km (24,19%) sahəsini tutur. Belə yamacların sayı 154-ə (33,19%) çatır, sıxlığı isə 0,82-dir. Belə yamaclar ümumiyyətlə iqtisadi fəaliyyətin əsas növləri üçün uyğundur. Burada velosiped və avtomobil turizmi mümkündür. Ən kiçik sayı 40 (8,62%) və sahəsi 130,67 kv.km (16,72%) yüksək parçalanmış ($\Delta H=800-1200$ və 1200 m-dən yuxarı) yamaclarla xarakterizə olunur. Burada sel, uçqun, daşqın, qaya uçqunları geniş yayılmışdır. Belə yamacların sahələrini risk zonaları adlandırmaq olar. Burada mühəndislik, tikinti və kənd təsərrüfatı işləri demək olar ki, mümkün deyil; qış turizmi, o cümlədən macəra turizmi ilə məşğul olmaq olar.

Nəticə

Vilyaşçay hövzəsinin yamaclarının dərininə parçalanmasının morfometrik təhlili relyefin formalaşması və inkişaf xüsusiyyətlərini başa düşmək üçün mühüm nəticələr vermişdir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, hövzədə orta dərəcədə parçalanmış yamaclar dominantdır və bu, onların iqtisadi istifadəsi və turizm potensialını müəyyənləşdirir. Güclü parçalanmış ərazilər isə təhlükəli geoloji proseslərə görə risk zonaları kimi qiymətləndirilir.

Bu tədqiqatın nəzəri əhəmiyyəti relyefin formalaşması, tektonik hərəkətlər və landşaftın şaquli zonalılığı kimi məsələlərin öyrənilməsindədir. Praktiki baxımdan isə nəticələr torpaq istifadəsinin planlaşdırılmasında, suvarma sistemlərinin seçilməsində, şəhərsalma və yol tikintisində, həmçinin turistik marşrutların müəyyənləşdirilməsində istifadə oluna bilər [14].

Gələcək tədqiqatlarda GIS-texnologiyalarının daha geniş tətbiqi, həmçinin uzaqdan zondlama məlumatlarının integrasiyası ilə relyefin dinamik dəyişikliklərinin monitorinqi tövsiyə olunur. Gələcək tədqiqatlar parçalanma nümunələrinin zamansal dəyişikliklərini izləmək üçün qabaqcıl uzaqdan zondlama (məsələn, LiDAR, yüksək dəqiqlikli DEM) və iqlim dəyişikliyinə eroziya proseslərinə təsirini integrasiya etməlidir. Beynəlxalq tədqiqat şəbəkələri ilə əməkdaşlıq hövzə əsaslı yanaşmanı müxtəlif geomorfoloji şəraitdə təsdiqləyərək, tektonik cəhətdən aktiv bölgələrdə ətraf mühit idarəetməsini irəli apara bilər. Bu, təhlükəli geoloji proseslərin proqnozlaşdırılması və relyefin mühafizəsi üçün daha effektiv strategiyaların hazırlanmasına kömək edə bilər.

Ədəbiyyat

Azərbaycan dilində

- [1]. Alməmmədli, M.G., Hüseynova, L.İ. Talış dağ sisteminin morfostrukturlarının morfoqenetik xüsusiyyətlərinin təhlili // Biologiyanın müasir problemləri. Respublika elmi konfransı, 23-24 oktyabr, 2018. Sumqayıt: Redaksiya və nəşr işləri şöbəsi, –2018, –s.179-180.
- [2]. Əlizadə, Ə.K. Relyefin eksomorfodinamikası və onun qiymətləndirilməsi / Ə.K.Əlizadə, S.A.Tarixazər –Bakı: Elm. –2010.
- [3]. Budagov, B. A. Relyef / B. A. Budagov // Azərbaycan Milli Ensiklopediyası. –Bakı, –2012.
- [4]. Hacıyev, V.D. Naxçıvan və Talışın Mezozoy-Kaynozoy vulkanizmi bölgələrinin paleogeomorfologiyası / V.D. Hacıyev, –Bakı. –1999.
- [5]. Kəngərli, T.N. Tektonik rayonlaşdırma // –Bakı: Azərbaycanın geologiyası, IV cild. –2005
- [6]. Mehbalıyev, M.M. Relyefin rekreasiya məqsədləri üçün morfometrik tədqiqi // –Bakı: RGO Xəbərləri, –2001, 133(6), –s.76–80.
- [7]. Piriye, R.X. Relyefin morfometrik təhlili metodları (Azərbaycan ərazisi nümunəsində) / R.X.Piriye, –Bakı: Elm. –1983.
- [8]. Rəcəbli, T.R. Qarabağ düzənliyi və ona bitişik Kiçik Qafqaz yamaclarının kənd təsərrüfatı məqsədləri üçün morfometrik tədqiqatları: / coğrafiya üzrə namizədlik dissertasiyasının avtoreferatı / –Bakı. 1990.

Rus dilində

- [9]. Анисимов, В.И. Основы морфометрического анализа рельефа / В.И.Анисимов, Грозный: ЦИГУ. –1987, –91 с.
- [10]. Берлянт, А.М. Образ пространства: Карта и информация / А.М. Берлянт, –М.: Мысль. –1986, –238 с.
- [11]. Загорюлько, В.А. Морфометрический анализ рельефа средствами ГИС-технологий (на примере Семинского перевала) / В.А.Загорюлько, В.И.Хамарин, А.Е.Тябаев, // Геоморфология, –2003 (4), –с.40–46.
- [12]. Николаевская, Е.М. Методические указания по проектированию и составлению комплексных научно-справочных атласов / Е.М.Николаевская, Морфометрические карты рельефа (выпуск 4). –М.: МГУ. –1966
- [13]. Червяков, В.А. Количественные методы в географии / В.А.Червяков, –Барнаул: Алтайский Государственный Университет. –1998. 258 с.
- [14]. Раджабли, Т.Р. Морфометрические исследования Карабахской равнины и примыкающих к ней склонов Малого Кавказа в целях сельского хозяйства: / Автореф. дис. к.г.н. –Баку. 1990, –24 с.
- [15]. Мехбалиев, М.М. Морфометрическое исследование рельефа в рекреационных целях // Изв. РГО, т. 133, вып. 6, –2001. –с. 76–80.
- [16]. Нетребин, П.Б. Морфометрический анализ рельефа Большого Кавказа: / Диссертация кандидата географических наук / –Краснодар, 2012, –227 с.
- [17]. Пириев, Р.Х. Методы морфометрического анализа рельефа (на примере территории Азербайджана) / Р.Х.Пириев, –Баку: Элм, –1983. –119 с.

İngilis dilində

- [18]. Ehsani, A. H., & Quiel, F. Geomorphometric feature analysis using morphometric parameterization and artificial neural networks / A. H.Ehsani, F.Quiel // Geomorphology, 99 (1–4), –2008, p.1–12.
- [19]. Huggett, R.J. Fundamentals of geomorphology (3rd ed.) / R.J. Huggett, // Routledge. –2011.
- [20]. Wohl, E. Mountain rivers revisited / E.Wohl // Water Resources Research, 49(10), –2013, –p.6583–6597.
- [21]. Wilson, J.P. Terrain analysis: Principles and applications / J.P.Wilson, J.C. Gallant // Wiley. 2000

Summary

Morphometric study of vertical dissection of slopes of the Vilyashchai river basin

Almammadli M.G.

Key words: *morphometric analysis, slope dissection, Vilashchai river basin, GIS technologies, geomorphology, basin approach, geohazards*

This study presents a detailed morphometric analysis of slope dissection depth in the Vilashchai river basin located in the southeast of Azerbaijan using GIS technologies and a basin approach to improve the accuracy of relief fragmentation studies. The integration of digital elevation models (DEMs) and Sentinel-2 data improved the accuracy of slope identification and risk assessment, highlighting tectonic and erosional impacts. Comparative analysis with the Greater Caucasus and Alborz Mountains highlights the unique geomorphological features of the Vilashchai riverbasin. The results contribute to the understanding of landformation, tectonic processes and landscape evolution, with practical implications for land use planning, erosion control and sustainable tourism development. The basin GIS approach is superior to traditional grid-based methods, offering a scalable framework for global geomorphological studies.

Резюме

Морфометрическое исследование вертикального расчленения склонов бассейна реки Виляшчай

Алмамедли М.Г.

Ключевые слова: *морфометрический анализ, расчленение склонов, бассейн реки Виляшчай, ГИС-технологии, геоморфология, бассейновый подход, геоопасности*

В данном исследовании представлен детальный морфометрический анализ глубины расчленения склонов в бассейне реки Виляшчай, расположенном на юго-востоке Азербайджана, с использованием ГИС-технологий и бассейнового подхода для повышения точности изучения фрагментации рельефа. Интеграция цифровых моделей рельефа (DEM) и данных Sentinel-2 повысила точность выделения склонов и оценки рисков, подчеркивая тектонические и эрозионные воздействия. Сравнительный анализ с Большим Кавказом и горами Альборз подчеркивает уникальные геоморфологические особенности бассейна реки Виляшчай. Результаты способствуют пониманию формирования рельефа, тектонических процессов и эволюции ландшафта, имея практическое значение для планирования землепользования, контроля эрозии и устойчивого развития туризма. Бассейновый ГИС-подход превосходит традиционные сеточные методы, предлагая масштабируемую основу для глобальных геоморфологических исследований.