

*Исламова А.Г.*

## ГИС-ОЦЕНКА ГЕОСИСТЕМ ВЕРХОВЬЕВ РЕКИ ЧУ (КОЧКОРСКИЙ РАЙОН) КАК ОСНОВА АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ РИСКОВ И ТЕХНОГЕННЫХ БЕДСТВИЙ

*A.G. Islamova*

### GIS ASSESSMENT OF GEOSYSTEMS UPPER CHU RIVER (KOCHKOR REGION) AS A BASIS FOR THE ANALYSIS OF NATURAL HAZARDS AND DISASTERS

УДК: 910.3:528.92

*В статье приведены результаты оценки геосистем верховьев реки Чу с помощью ГИС-программ. Выполнен морфометрический анализ рельефа по цифровой модели местности (DEM), классификации углов наклона, экспозиции и кривизне поверхности. На основе полученных результатов определен уровень опасных процессов и социально-экономическая уязвимость и экономический риск для жителей Кочкорского района, используя количественный метод.*

**Ключевые слова:** геоинформационные системы (ГИС), природные риски, морфометрический анализ, социально-экономическая уязвимость.

*The article presents the results of the evaluation of the upper river Chu Geosystems GIS programs. Morphometric analysis was carried out in relief on the digital terrain model (DEM), the classification of angles, exposure, and the curvature of the surface. Based on these results reflect the level of hazardous processes and socio-economic vulnerability and economic risks for residents Kochkor district, using a quantitative method.*

**Key words:** Geographic Information Systems (GIS), natural risks, morphometric analysis, socio-economic vulnerability.

**Введение.** Окружающая среда и природные ресурсы всегда имели большое значение для развития социума. В последнее время эти два компонента планеты стали одним из главных вопросов для изучения человечества. Высокий уровень деградации природных ресурсов, их дефицит, скрытые угрозы для благополучия населения являются приоритетными для современных ученых. За последние 50 лет правительствами, учеными и общественным мнением было много сказано об экологических проблемах и их негативном воздействии на жизнь человека. В этом контексте Национальная Стратегия устойчивого развития Кыргызской Республики отводит большое значение вопросам экологической безопасности и экономического роста; снижению риска бедствий и улучшению готовности к чрезвычайным ситуациям; контролю за изменением климата его эффектов на опасные процессы (лавины, наводнения, оползни и т.п.).

Негативное воздействие на геосистемы часто связано с иррациональным землепользованием, которое складывается из следующих пунктов: чрезмерным использованием природных ресурсов и их истощением; истощение качественных и количественных характеристик геосистем; увеличение стихийных бедствий и социально-культурные риски; снижение уровня производства; сокращение и невозможность улучшить качество жизни населения; бедность. Бедность – это рефлекс несбалансированности компонентов – население  $\Leftrightarrow$  ресурсы, и причина  $\Leftrightarrow$  следствие социально-экономических и экологических проблем.

Одним из первых шагов в области рационального природопользования является экономико-географическая оценка геосистем, чтобы знать их потенциал и ограничения в пользовании, и, следовательно, создание рекомендаций по их наиболее эффективному использованию, обеспечению необходимой информацией для принятия решений сокращения опасностей и длительного развития адаптации к изменениям. Устойчивое развитие складывается из взаимодействия рационального планирования землепользования и экологического планирования.

В данной работе произведена оценка геосистем верховьев р. Чу (водораздел р. Укок) с помощью ГИС-программ (рис. 1.).

Территория исследования была выбрана на основании следующих параметров:

- основная хозяйственная деятельность – сельское хозяйство;

- системы землепользования влияют на природные условия и тем самым генерируют экологические конфликты между геосистемами и хозяйственной деятельностью. Таким образом, планирование экологических процессов необходимо для устойчивого развития.

- водораздел р.Укок Кочкорского бассейна является модельным участком для создания методики оценки природных рисков и создании стратегии для управления любой территориальной единицей республики.

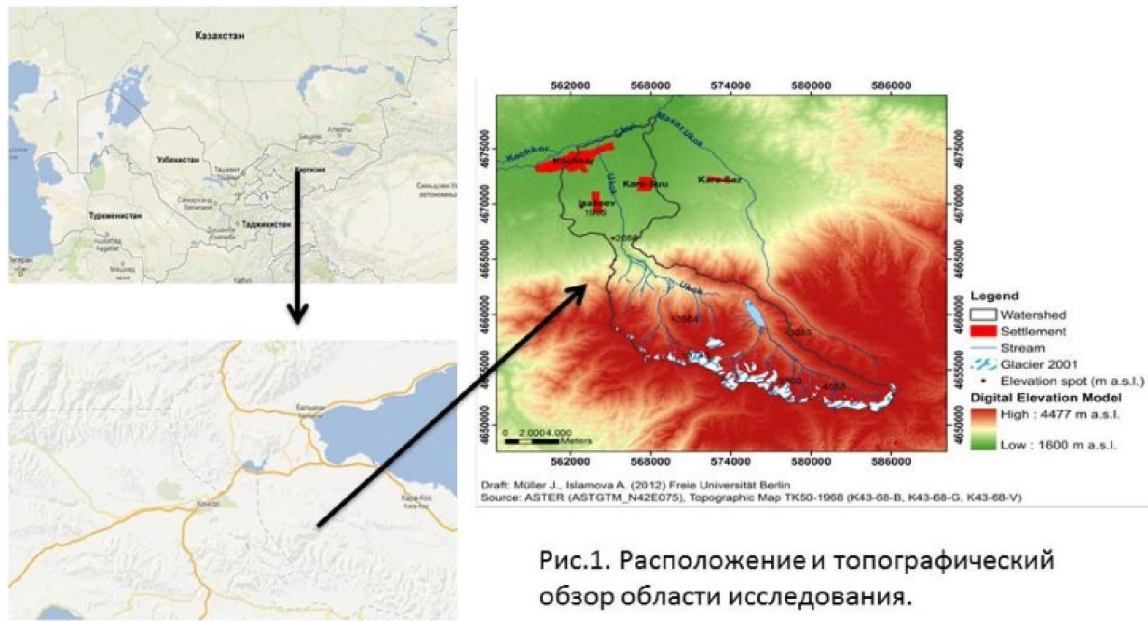


Рис.1. Расположение и топографический обзор области исследования.

Кочкорский бассейн является одним из важных районов и разнообразным в отношении природных ландшафтов. На его территории сформировалась мощная природно-антропогенная геосистема регионального уровня, включая естественные ландшафты и системы антропогенного направления. Последствия нерационального природопользования при хозяйственном освоении бассейна трансформировали природно-ресурсное равновесие и устойчивость естественных геосистем, вызвали изменения отдельных свойств их компонентов и привели к острой геоэкологической ситуации в виде проблем геотехногенноморфогенеза, эродированности и засоления почв, их деградации.

**Цель исследования.** Основная цель состоит в том, чтобы определить уровень опасных процессов и социально-экономическую уязвимость и оценить экономический риск для жителей Кочкорского бассейна используя **количественный метод**.

Этот метод основывается на определении территории поражения опасными процессами с учетом факторов, влияющих на развитие этих процессов (крутизна склонов, экспозиция, общая кривизна, процент покрытия растительностью и т.д.). Эти данные были получены и обработаны с помощью цифровых спутниковых снимков и обработаны в программе QGis. На основе этих данных составлена карта восприимчивости территории к опасным процессам и зонам рисков.

Кочкорский район занимает площадь 640 тыс км<sup>2</sup>, что занимает 14,3% площади Нарынской области. Численность постоянного населения по итогам переписи населения 2009 года составляет 58 267 человек. Средняя плотность населения составляет 9,1 человек на 1 км<sup>2</sup>. На территории района расположены 31 населенных пунктов, относящихся к 11

аильным округам. Административный центр района с. Кочкорка с постоянным населением 9 836 человек. Основными реками являются реки бассейна р. Чу: Кара-Куджур, Жоон-Арык, Восточный Сёок, Восточный Каракол, Тюлёк, Шамшы, Тюндюк. В табл.1 представлены данные их максимального расхода. [3, с.322]

Таблица 1.

Максимальные расходы рек верхьев р.Чу.

Реки	Максимальный расход, (м <sup>3</sup> /сек)
Кара-Куджур	129 м <sup>3</sup> /сек
Жоон-Арык	131 м <sup>3</sup> /сек
Восточный Сёок	94,4 м <sup>3</sup> /сек
Восточный Каракол	64,5 м <sup>3</sup> /сек
Тюлёк	20,8 м <sup>3</sup> /сек
Шамшы	7,6 м <sup>3</sup> /сек
Тюндюк	7,8 м <sup>3</sup> /сек

Природа Кочкорского района позволяет развивать земледелие при условии искусственного орошения. На поливных землях возделываются зерновые, картофель, кормовая свекла.

Характеристика природных компонентов является основой для дальнейшей классификации природных рисков и уязвимости геосистем.

Геоморфометрия (или просто морфометрический анализ) дает количественное описание форм рельефа с помощью комбинаций математики, техники и информатики. Топографические компоненты, такие как вершины холмов, плоские равнины, долины, каньоны и т.п., важны для развития физических и биологических процессов, действующих на ландшафт. Естественная среда обитания, развитие эрозии

и солнечная радиация напрямую связаны с ориентацией и относительным положением рельефа. В настоящее время анализ местности является наиболее перспективным типом географического анализа для описания топографии, и обеспечивает быструю и полезную информацию о геологии, литологии, состоянии почвенно-растительного покрова, мониторинга динамики ледников и образования новых озер и т.д.

**Использованные материалы:** Топографические карты масштаба 1:50000, 1:100000; спутниковые изображения; данные GPS (Global Positioning System), собранные в поле с помощью портативного GPS-приемника.

Программное обеспечение ГИС-программ QGIS 1.8.0-Lisboa было использовано для морфометри-

ческого анализа. Анализ данных был разделен на части: а) цифровой анализ местности с использованием общих морфометрических методов анализа рельефа и, б) цифрового анализа рельефа с использованием конкретных морфометрических методов для изучения конкретных форм рельефа в районе исследования.

Для территориального анализа, классификации поверхности, идентификации геоморфологических процессов были использованы спектральные индексы: Normalized Difference Snow Index (NDSI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) and Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), при использовании данных LANDSAT7 ETM и дальнейшего создания геоморфологической карты (рис.2.) .

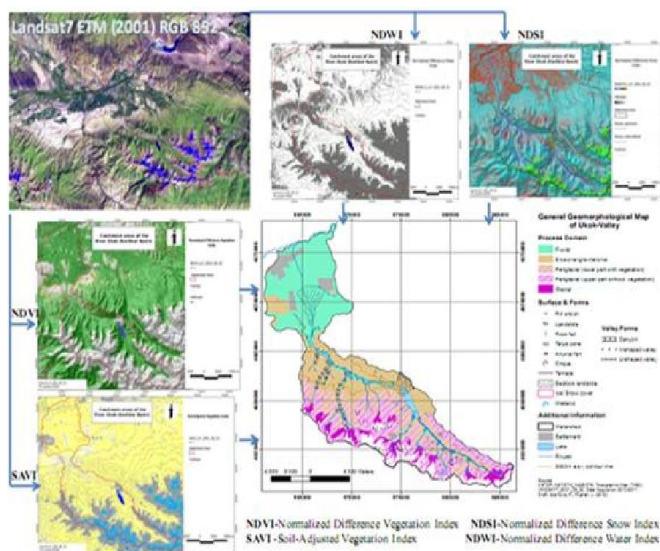


Рис. 2. Использование данных дистанционного зондирования Landsat7\_ETM, данных полевых исследований в ГИС-программах с помощью индексов для создания карты геоморфологических процессов.

Согласно с Etzelmuller et al (2001), Sidjak, Wheate (2010), Черепановым (2011) выделены категории параметров, связанных с геоморфологическими и гидрологическими процессами в геосистемах, которые можно сравнить с данными дистанционного зондирования:

- геоморфологические процессы (движение ледников, выявление ледниковой линии, селявые потоки, оползни, образование новых ледниковых озер и т.д.)

- состояние поверхности (площадь покрытия растительностью и типы растительности, влажность почвы, температурный режим и др.)

**Морфометрический анализ.** При изучении ландшафтной структуры и дальнейшей оценки рисков водораздела, одной из самых важных задач является анализ основных морфометрических параметров. Quantum GIS (QGIS) на основе растрового инструмента анализа местности может выполнять 4 фактора морфометрического анализа рельефа: угол наклона поверхности (уклон), аспект (экспозиция

склонов), индекс прочности, общая кривизна территории. Анализ основан на принципе расчета первой и второй производных порядка 3X3 соседних ячейки сетки, что обеспечивает вычисление для каждой ячейки раstra, расположенной в 8 соседних ячейках.

**Цифровая модель местности (DEM).** Цифровая модель местности была создана для водораздела р.Уюк с помощью QGIS. В этом случае в качестве источника данных, используемых в пространственных данных местности с разрешением 90X90 м, полученных из веб-сайта <http://glovis.usgs.gov/>, а также оцифрованные данные топографических карт масштаба 1:50000. Кроме того, данные о водоразделе, линейные объекты, очертания ледников, озер, полученных с топографической карты, проанализированы и сравнены со спутниковыми снимками Landsat7 ETM (2001, 2002 и 2009), GPS-данных полевых исследований (2009-2012 гг.)

**Классификация углов наклона.** Метод состоит в выборе плоскости восьми соседних ячеек раstra по отношению к девятому – центральному, и, таким

образом осуществляется сортировка точек всего массива методом «скользящего окна» - 3Х3 клетки [5, с.12]. Углы наклона были изменены в градусах, с минимумом 0° и максимальным значением 68,1320°. Эта карта позволяет учитывать фактическое распределение крутизны поверхности земли. Карта составлена для изучения и оценки интенсивности проявления склоновых процессов и восприимчивости к процессам эрозии и естественных границ вмешательства человека.

Интенсивность и специфика движения материи на склонах зависит от нескольких факторов: крутизны склонов, соотношение силы тяжести и сил сцепления склона, растительного и почвенного покрова. Сочетание этих факторов, роль каждого из них определяет тип перемещения вещества по склону, тип склоновых процессов [6, с.113].

По мнению многих авторов (Рондон (2009), Мамытов (1974)), места, подверженные воздействию эрозионных процессов, напрямую зависят от крутизны склона, что четко прослеживается на примере таблицы 2.

Таблица 2.

**Количество смытой почвы в зависимости от механического состава и уклона местности (по Мамытову, 1974)**

Почвы	Уклон в градусах	Механический состав	Смыто почв, м <sup>3</sup> /га
Темно-каштановые	25	Суглинистые	1500
Темно-каштановые	25	Щебенчато-суглинистые	400
Темно-каштановые	15	Легкосуглинистые	1000
Темно-каштановые	10	Среднесуглинистые	600

В применяемом способе пространственного анализа, карта уклона поверхности предназначена

для оценки стабильности-нестабильности условий в водоразделе. Признано, что экологические ограничения и стихийные бедствия возрастают с увеличением наклона местности. Однако нестабильность склонов зависит и от других факторов, таких как, растительный покров, климатические условия, гидрологические условия, степень антропогенной нагрузки. Таким образом, существуют общие факторы нестабильности склонов кроме силы тяжести – это климат, осадки (особенно ливни), землетрясения и антропогенная нагрузка (Rondon, 2009). Таблица 3 показывает оптимальную классификацию наклонов для гористых областей, составленную по работам Rondon (2009), Leser (1973) и Рычагова (2006).

Таблица 3.

**Классификация склонов по крутизне.**

Склоны по крутизне	Градусы (°)
Весьма пологие	>2-5
Пологие	>5-10
Средние	>10-15
Крутые	>15-29
Очень крутые	>29-45

Эта классификация легла в основу карты углов наклона поверхности.

**Экспозиция.** Анализ экспозиции склонов важен для оценки чувствительности ландшафта, природных рисков, устойчивости склонов. Кроме того, карта экспозиции склона используется в гидрологических, почвенных, геоботанических исследованиях, в оценке площади использования. Почти каждая поверхность имеет наклон, следовательно, пространственную ориентацию по отношению к сторонам света – экспозиции склонов. Существует заметная разница между растительностью на северных и южных склонах [5, с 13], что очень четко видно на рис.3.



Рис. 3. Склоны юго-западной экспозиции более крутые и практически без растительности, в отличие от склонов северо-восточной экспозиции, которые пологие и покрыты густой растительностью (рисунок справа) Крутизна склонов отчетливо видна на профиле А-В (рисунок слева)

Основной причиной такого явления является различное количество солнечной энергии, получаемой на единицу площади по склону, излучение и тепловые характеристики, сроки наступления сезонных явлений. На склонах северной экспозиции дольше не тает снег в горах, на склонах южной экспозиции в нивальной зоне активизируются оползни, лавины, камнепады, процессы солифлюкции. Эта зависимость четко прослеживается в авторских комплексных полевых исследованиях 2009-2012 гг. (почвенно-ботанических, климатически-гидрологических, геолого-геоморфологических) при участии Чунгулова Ж., Беккер Ф., Рахматова У., Мюллер Ж.

Наветренные склоны отличаются от подветренных количеством полученной влаги и растительностью. Экспозиция склонов также отвечает за различия в интенсивности эрозионных и денудационных процессов, что в свою очередь влияет на формирование асимметрии долин. На рис.3. по топологической карте и профилям хорошо видно, что склоны юго-западной экспозиции более подвержены эрозии, круче, присутствует только разреженная пустынная растительность. Склоны северо-восточной экспозиции более пологие, на них больше растительности. Кроме того, ледники расположенные на северных склонах, находятся на высоте 3500 м. над уровнем моря, и поднимаются до уровня 3800 м. – на склонах северо-восточной экспозиции (профиль вдоль линии CD). Склоны южной, юго-восточной, юго-западной экспозиции ввиду микроклиматических различий не генерируют ледники. Солнечные склоны гораздо теплее, суше и потенциально более уязвимы к эрозионным процессам, чем защищенные тенистые склоны. В противоположность, тенистые склоны больше увлажнены и покрыты густой растительностью. Следовательно, этот склон имеет незначительную уязвимость к эрозионным процессам. В таблице 4 приведена классификация аспектов для горных районов с обобщением классификаций Leser (1973), Рычагова (2006).

Таблица 4.

**Классификация склонов по экспозиции (аспекту)**

Экспозиция склонов	Уязвимость к эрозионным процессам
Север (337,5° - 22,5°)	Низкая
Восток (22,5° - 157,5°)	Средняя
Юг (157,5° - 202,2°)	Высокая
Запад (202,5° - 337,5°)	Средняя

В этой классификации преобладающие склоны южной экспозиции считаются весьма уязвимыми к эрозионным процессам потому что они получают больше солнечного излучения, имеют сухой климат,

низкий процент растительного покрова. В тоже время, склоны северной экспозиции относятся к низкой уязвимости к эрозионным процессам. Склоны восточной и западной экспозиций оцениваются как склоны с умеренной уязвимостью.

Карта экспозиции (аспекта) выполнена с использованием инструмента "Raster based terrain analysis" в программе QGIS с использованием данных из DEM (цифровой модели рельефа). Используя легенду можно определить соответствующий размер для каждого склона в области – север - 0 или 360 градусов, юг - 180 градусов, восток - 270 градусов, запад - 90 градусов. Значения аспектов находящихся между кардинальными аспектами, будут вычислены из кардинальных направлений, например: 225 градусов будет находиться на склоне юго-восточной экспозиции.

В темных (холодных) тонах изображаются склоны северной экспозиции, в светлых (теплых) цвета - склоны южной экспозиции.

*Кривизна.* Расчет кривизны может быть использован для описания физических характеристик водосборного бассейна, с тем, чтобы понять процессы эрозии и стока. Наклон влияет на общую скорость движения вниз по склону. Аспект определяет направление потока. Кривизна профиля влияет на ускорение и замедление потока и, следовательно, влияет на эрозию и отложения. Форма рельефа в плане кривизны влияет на конвергенцию и дивергенцию потока.

Отображение контуров по растровым данным может помочь пониманию и интерпретации данных в результате работы с «Curvature» инструментом в Quantum GIS.

Мы имеем минимальное значение 0 и максимальное значение 0,00199637. Дело в том, что минимальное значение 0 указывает, что отрицательные значения не были найдены в зоне DEM. Поэтому нет никаких поверхностей, которые вогнуты вверх, и только поверхности выпуклой формы были найдены. Области с максимальными значениями расположены вдоль границ отвесных скал.

*Топографический индекс прочности.* Этот топографический компонент влияет на распределение растительности и почвы. Топографическая неоднородность присуща горной местности, где растительность, почвы, геоморфологические и гидрологические процессы реагируют даже на незначительные изменения в рельефе. На крутых склонах эрозия становится потенциально опасной, и контролировать воды, такие как орошение, становится гораздо сложнее [10, с.112]. Пересеченная местность усложняет сельскохозяйственные работы.

Топографический индекс прочности указывает на степень неустойчивости поверхности земли. Основными факторами в направлении и скорости

водных потоков является таяние снегов, создающие предпосылки для развития эрозионных процессов. Карта топографического индекса прочности создается с использованием отношения рельефа к общей плотности водораздела из набора данных. При этом значения прочности почти совпадают с другими морфометрическими значениями.

Топографический индекс прочности рассчитывается для каждой точки, путем суммирования разных высот в клетке 3x3 пикселя. Индекс используется в качестве измерения неоднородности местности [11, с.25]. Единицей измерения индекса являются метры. Топографический индекс прочности был разделен на категории для описания различных типов местности. В таблице 5 приведена их классификация согласно Riley и др.1999:

Таблица. 5.

**Прочность: классификация по значению**

Ruggedness Classification	Ruggedness Index Value
Level	0 - 80 m.
Nearly Level	81 - 116 m.
Slightly Rugged	117 - 161 m.
Intermediately Rugged	162 - 239 m.
Moderately Rugged	240 - 497 m.
Highly Rugged	498 - 958 m.
Extremely Rugged	959 - 4397 m.

**Выводы:** Исследуемая территория находится под сильным влиянием экологических аспектов (климата, почвенного и растительного покрова, геоморфологического строения, интенсивного антропогенного вмешательства), которые в свою очередь, зависят от ландшафта.

В ходе анализа с использованием ГИС-программы QGIS были созданы следующие карты: Классификация форм рельефа, Геоморфологическое районирование, Карта основных геоморфологических процессов, Классификация углов наклона, Карта комплексной кривизны поверхности, Класси-

фикации склонов по экспозиции, Карта топографического индекса прочности. Данные карты позволяют сделать выводы о развитии геосистем и доминирующих процессах на исследуемой территории и их использования в дальнейшем для построения карт рисков и техногенных бедствий.

**Литература:**

1. Динамическая геоморфология: Учебное пособие/Под ред. Г.С.Ананьева, Ю.Г.Симонова, А.И.Спиридонова. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 448 с.: ил.
2. Мамытов А.М. Почвы Киргизской ССР. Изд. «ИЛИМ», 1974.
3. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. МЧС. 2012. 705стр.
4. Рычагов Г.И. Общая геоморфология.:учебник.-3-е изд., перераб. и доп./Г.И.Рычагов.-М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 416 с.
5. Селезнев Б.В., Трубина Л.К. Основы моделирования в геоэкологии. Новосибирск, СГГА, 2010. С-40.
6. Черепанов А.С. Вегетационные индексы. Журнал ГЕОМАТИКА №2. 201, стр. 98-102.
7. Bernd Eitzelmueller, Rune S. Odegard, Ivar Berthling and Johan Ludvig Sollid. Terrain Parameters and Remote Sensing Data in the Analysis of Permafrost Distribution and Periglacial Processes: Principles and Examples from Southern Norway. PERMAFROST AND PERIGLACIAL PROCESSES. Permafrost Periglac. Process. 12: 79–92 (2001)DOI: 10.1002. p 384.
8. Leser, H.; Stablein, G. (1973): Geomorphologische Kartierung. Berliner Geographische Abhandlungen, Sonderheft), 2,Aufl., Berlin.
9. Sidjak R. W. International Journal of Remote Sensing Publication details, including instructions for authors and subscription information: <http://www.tandfonline.com/loi/tres20>. Glacier mapping of the Illecillewaet icefield, British Columbia, Canada,using Landsat TM and digital elevation data. Available online: 25 Nov 2010.
10. SHAVER, G.R., NADELHOFFER, K.J., and GIBLIN, A.E. 1990. Biogeochemical diversity and element transport in a heterogenous landscape, the North Slope of Alaska. Ecological Studies 82: 105 –125.
11. Shawn J.Riley, Stephen D.DeGloria, Robert Elliot. A Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity. Reprinted from Intermountain Journal of Sciences. Vol. 5, No. 1-4:23-27, December 1999.

**Рецензент: к.т.н., доцент Дегембаева Н.К.**