

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 502.5

doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-109-125

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОБЬ-ЧУМЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ, АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

Марина Сергеевна Скрипко^{1✉}, Софья Григорьевна Платонова², Вадим Валерьевич Скрипко³

^{1,2,3} Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

^{1,3} Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

¹ sazykina.m@mail.ru ✉

² sgplatonova@mail.ru

³ skripko@inbox.ru

Аннотация. Проведена оценка устойчивости поверхности к антропогенному воздействию для Обь-Чумышского междуречья, расположенного на юго-востоке Западно-Сибирской равнины и характеризующегося высокой степенью хозяйственного освоения. Значение показателя «устойчивость поверхности» определялось с применением ГИС-технологий при балльно-матричном сопоставлении результатов среднемасштабного районирования по преобладающему типу функционирования территории по выносу/накоплению литопотоков, а также оценки степени антропогенной нагрузки. Анализ проведен в масштабе 1:500 000. Для Обь-Чумышского междуречья установлены районы с пятью степенями устойчивости: от очень низкой до очень высокой. При выделении районов предложено использовать характеристики: «геоморфологический элемент», определяемый преобладающим углом наклона поверхности и составом слагающих грунтов, «тип функционирования бассейнов 3-го порядка по выносу/накоплению литопотоков», «морфологический тип фасеток, опирающихся на русла 4–6-порядков», показатель «опасность овражной эрозии». Степень антропогенной нагрузки (4 степени: очень низкая, низкая, средняя, высокая) определялась по методике Кочурова при анализе картосхемы использования земель, составленной на основе опубликованной Карты земельного фонда Алтайского края и космоснимков 2020–2021 гг., доступных в программе Google Earth. Результаты исследования могут послужить основой для оптимизации природопользования на юго-востоке Западной Сибири. Предложенная методика оценки эрозионно-расчлененных территорий с учетом их полиструктурной организации дополнительно раскрывает возможности геоэкологического подхода.

Ключевые слова: устойчивость поверхности, типы функционирования территории, геоэкологический подход, хозяйственное использование земель, антропогенная нагрузка, бассейновый анализ, GIS технологии, Обь-Чумышское междуречье

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (FUFZ-2021-0007).

Для цитирования: Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В. Оценка устойчивости поверхности (на примере Обь-Чумышского междуречья, Алтайский край // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 3(62). С. 109–125. doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-109-125.



ECOLOGY AND NATURE USE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-109-125

SURFACE STABILITY ASSESSMENT (A CASE STUDY OF THE OB-CHUMYSH INTERFLUVE, ALTAI REGION)

Marina S. Skripko^{1✉}, Sofya G. Platonova², Vadim V. Skripko³

^{1,2,3}Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

^{1,3}Altai State University, Barnaul, Russia

¹sazykina.m@mail.ru✉

²sgplatonova@mail.ru

³skripko@inbox.ru

Abstract. The paper provides assessment of the surface stability under anthropogenic impact for the territory of the Ob-Chumysh interfluve. The object of study is located in the southeast of the West Siberian Plain and is characterized by a heavy economic load. Surface stability was determined using GIS technologies with a score-matrix comparison of the results. Areas were compared according to the type of the territory's functioning (removal/accumulation of lithoflows) and the degree of anthropogenic load. The analysis was carried out on a scale of 1: 500,000. Areas with five degrees of stability have been distinguished: from very low to very high. When identifying areas, it is proposed to use the following characteristics: 'geomorphological element,' determined by the prevailing angle of inclination of the surface and the composition of the constituent deposits, 'type of functioning of the 3rd-order basins in terms of removal/accumulation of lithoflows,' 'morphological type of facets resting on the 4th–6th-order channels,' and the indicator of 'gully erosion risk.' The degree of anthropogenic load (4 degrees: very low, low, medium, high) was determined by the Kochurov method. For this, the land use map was analyzed. The map is based on the published Land Fund Map of the Altai Territory and satellite images of 2020–2021 available in the Google Earth program. The results of the study can serve as a basis for optimizing nature management in the south of Western Siberia. The proposed methodology for assessing erosion-dissected territories taking into account their polystructural organization additionally reveals the possibilities of the geocological approach.

Keywords: surface stability, a territory's functioning types, geocological approach, economic land use, anthropogenic load, basin analysis, GIS technologies, Ob-Chumysh interfluve

Acknowledgements. The study was funded as a part of a state assignment of the Institute for Water and Environmental Problems, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch (FUFZ-2021-0007).

For citation: Skripko M.S., Platonova S.G., Skripko V.V. (2022). Surface stability assessment (a case study of the Ob-Chumysh interfluve, Altai region). *Geographical Bulletin*. No. 3(62). Pp. 109–125. doi: 10.17072/2079-7877-2022-3-109-125.

Введение

Среди регионов Азиатской части России Алтайский край занимает особое место. Благоприятные природно-климатические условия в сочетании с развитой инфраструктурой во многом определили его аграрную специализацию. С интенсивным развитием сельского хозяйства связаны основные проблемы трансформации поверхности региона, развитие процессов водной эрозии. Доля земель, подверженных воздействию этих факторов, достигает 40% общей площади края [29]. В связи с этим оценка состояния земной поверхности является, несомненно, актуальной задачей для региона.

Цель настоящей работы – оценка устойчивости поверхности (геолого-геоморфологической среды) аграрного региона к антропогенному воздействию.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является Обь-Чумышское междуречье – один из наиболее освоенных сельскохозяйственных районов Алтайского края.

В природном отношении Обь-Чумышское междуречье (ОЧМ) расположено на юго-восточном окончании Западно-Сибирской равнины, на границе с горными сооружениями

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

Алтае-Саянской области, ограничено с запада и юга реками Обь и Бия, с севера и северо-востока – правым притоком Оби – р. Чумыш (рис. 1). Площадь ОЧМ, составляющая примерно 25 тыс. км², определила оптимальный масштаб исследования – 1:500 000. Особенностью территории является высокая степень ее эрозионной расчлененности, которая связана, с одной стороны, с заложившейся в позднем плейстоцене [14] и формирующей бассейновую структуру междуречья системой субпараллельных речных и овражно-балочных долин. С другой стороны, – с современными оврагами, результатом хозяйственной деятельности человека. Водосборы оврагов образуют районы овражной опасности, значимые в масштабе исследования.

Площадной характер и длительность антропогенного воздействия на поверхность определили функционирование междуречья, как природно-хозяйственной системы. Каждая из ее подсистем (природная и хозяйственная) обладает полиструктурной организацией. При этом качество элементов хозяйственной подсистемы в одном и том же масштабе может определяться элементами разных структур природной подсистемы. Например, характеристика районов конкретного типа хозяйственного использования земель может быть наиболее полно раскрыта, если одновременно анализируются элементы бассейновой и геоморфологической организаций природной подсистемы.

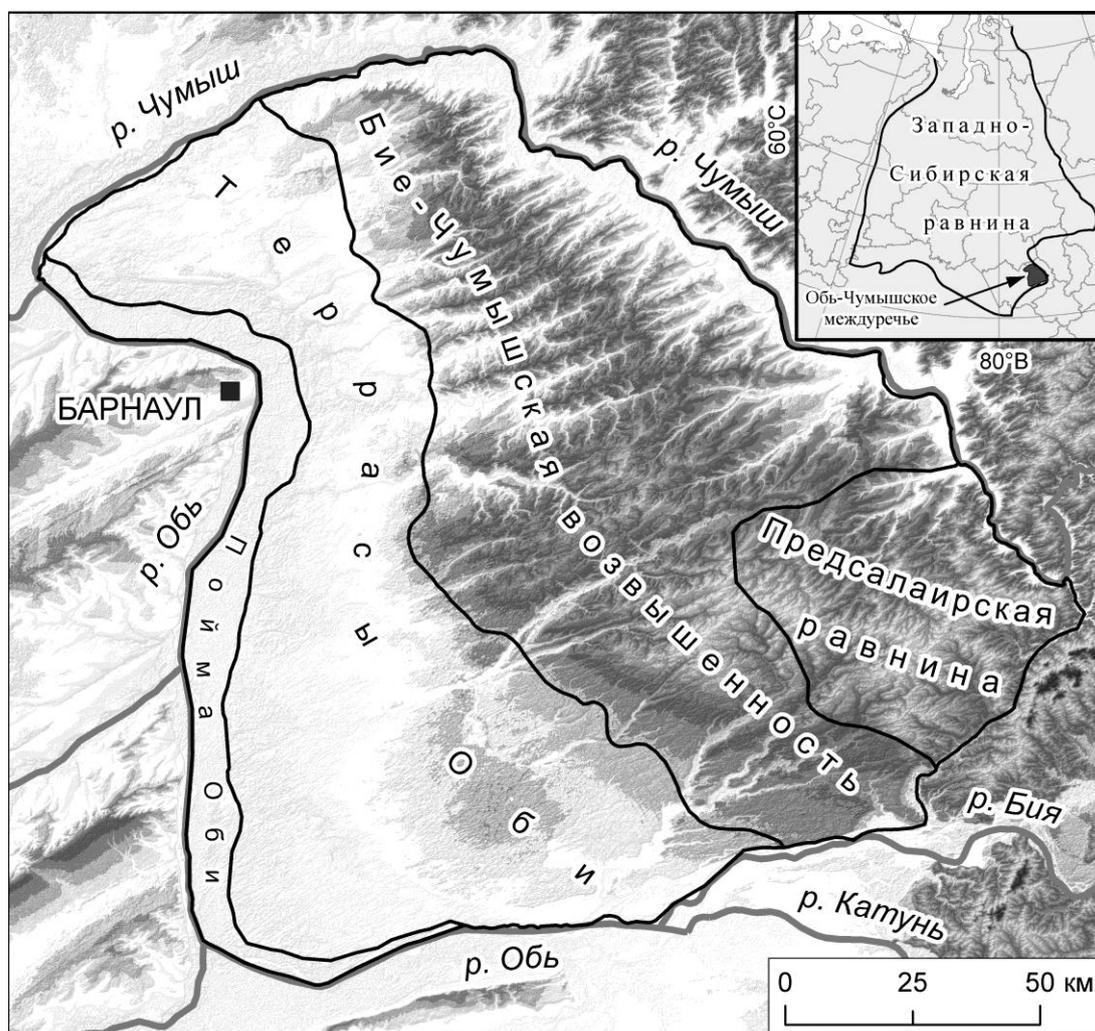


Рис. 1. Геоморфологические элементы Обь-Чумышского междуречья

Fig. 1. Geomorphological elements of the Ob-Chumysh interfluves

Для исследования подобных сложных объектов широко используется геоэкологический подход, составивший методологическую основу настоящей работы. Суть этого подхода заключается в использовании «устойчивости поверхности», как интегральной характеристики объекта, определяемой с применением как физико-географических методов (геоморфологического и бассейнового анализов), так и методов оценки антропогенной нагрузки.

Оценка устойчивости (и ее обратной характеристики – уязвимости) поверхности (у разных авторов: геолого-геоморфологической среды, морфолитогенной основы ландшафтов, геосистем, ландшафтов и др.) с учетом решаемых задач и особенностей объекта – актуальное современное направление в геоэкологии, представленное в работах Н.Г. Судаковой с соавторами (2016), В.Н. Маскайкина, А.В. Кирюшина (2017), С.И. Антонова с соавторами (2018), С.Г. Платоновой с соавторами (2018), Н.А. Николаевой, Д.Д. Пинигина (2019) [1; 13; 15; 21; 27] и др. Под устойчивостью вслед за М.А. Глазовской (1972) [5] понимается способность природной системы (в нашем случае: поверхности или геолого-геоморфологической основы) сохранять свою структуру и функции при внешних (здесь: антропогенных) воздействиях.

Алгоритм оценки устойчивости поверхности Обь-Чумышского междуречья в рамках геоэкологического подхода реализован поэтапно с помощью комплекса методов. На всех этапах использовались ГИС технологии анализа, моделирования и картографирования.

1. *Выделение геоморфологических элементов* в пределах ОЧМ, соответствующих масштабу исследования, на основе анализа опубликованных данных по: 1) преобладающему типу грунтов [4], 2) углам наклона поверхности [2], 3) густоте, плотности и скорости роста оврагов, как наиболее динамичных форм развития современной поверхности [16; 18–19; 22–23].

2. *Выделение районов преобладающего типа функционирования по отношению к выносу/накоплению литопотоков.* Для выполнения этой задачи использован бассейновый анализ (БА), базирующийся на морфометрическом анализе речных бассейнов (Хортон-анализ) в системе кодирования водотоков Стралера-Философова [28]. Методология БА, которой следуют авторы статьи, отражена в работах ученых московской школы под руководством Ю.Г. Симонова и его последователей [3; 9; 11–12; 17; 24–26 и др.]. Бассейновый анализ включает в себя: 1) отрисовку и определение порядка русел постоянных и временных водотоков и опирающихся на них фасеток склонов; 2) выделение водосборных площадей бассейнов 3-го порядка; 3) расчет структурных индексов для бассейнов 3-го порядка; 4) сопоставление их со структурными индексами модального бассейна; 5) на основе выявленных соотношений структурных индексов и сравнения с таковым соотношением модального бассейна – определение типов функционирования бассейнов 3-го порядка в пределах Обь-Чумышского междуречья по [17; 26]. Для территории, не вошедшей в контуры бассейнов 3-го порядка, – определение типов функционирования фасеток склонов 1–2-го и 4–6-го порядков по форме их продольного профиля.

Выделение районов преобладающего типа функционирования по отношению к выносу/накоплению литопотоков при пространственном совмещении в среде ArcGIS слоев «типов функционирования речных бассейнов 3-го порядка», «типов функционирования фасеток склонов 1–2-го и 4–6-го порядков» и, дополнительно, слоя «овражной опасности территории» по [18; 22–23].

3. *Определение антропогенной нагрузки для разных типов хозяйственного использования земель.* Учитывая, что формирование структуры природопользования было во многом предопределено геоморфологической структурой территории, то районирование по типу хозяйственного использования земель проведено с учетом геоморфологических элементов.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

Методика работы включает в себя следующие подэтапы: 1) составление цифровой карты хозяйственного использования земель на основе среднемасштабной (1 : 500 000) карты земельного фонда Алтайского края (1985) [8], с уточнением контуров использования земель по актуальным (2019–2021 гг.) космическим снимкам среднего (Landsat, Sentinel) и высокого (Google Earth) пространственного разрешения, а также открытым цифровым картам Open Street Map; 2) районирование по преобладающему типу использования земель; 3) оценка средневзвешенной по площади антропогенной нагрузки в пределах выделенных районов по методике Б.И. Кочурова (1999) [10].

4. *Оценка устойчивости поверхности* при балльно-матричном сопоставлении: 1) районов преобладающего типа функционирования по отношению к выносу/накоплению литопотоков, выделенных на основе бассейнового анализа и 2) районов, выделенных по степени антропогенной нагрузки разных типов хозяйственного использования земель.

Результаты и обсуждение

Устойчивость поверхности многих сельскохозяйственных регионов заложена в их сложной природной организации, проявляющейся в полиструктурности или многоаспектности. Поэтому функции сохранения свойств поверхности на разных участках какой-либо территории выполняют элементы, отражающие различные структурные вариации этой территории. Так, для ОЧМ проявляют себя элементы геоморфологической и бассейновой организаций геолого-геоморфологической основы.

Выделение геоморфологических элементов

Обь-Чумышское междуречье включает несколько геоморфологических элементов, к которым относятся Бие-Чумышская возвышенность, Предсалаирская цокольная равнина и долина Оби (см. рис. 1).

Бие-Чумышская возвышенность (Бийско-Чумышская по [2]) – предгорное лёссовое плато с полого-увалистым (на севере и северо-западе) и полого-плоским (на юго-востоке) рельефом, с абсолютными высотами 300–500 м. Занимает центральную и восточную части междуречья. Характеризуется относительно нешироким водоразделом, длинным западным склоном (в сторону р. Обь) и коротким восточным (в сторону р. Чумыш). Водораздел и западный склон значительно (до 80% по [23]) распахан.

Предсалаирская цокольная равнина слагает юго-восточную часть ОЧМ, обладает холмистым рельефом с абсолютными высотами 200–300 м. На поверхность на многих участках выходит палеозойский фундамент, поверхность которого была выположена в доплейстоценовые эпохи развития территории.

Долина Оби объединяет низкую и высокую поймы (шириной 4–15 км) и 5 надпойменных террас (шириной от 40 до 120 км). Имеет распространение в западной части ОЧМ, образуя полосу, расширяющуюся к югу. Низкие террасы (первая, вторая, третья) очень сходны между собой, характеризуются бугристо-грядовым эоловым рельефом [6], укрепленным бором. Четвертая и пятая террасы пологоувалистые. Относительная высота пятой террасы над урезом Оби достигает 100–120 м.

Все геоморфологические элементы пересекаются системой субпараллельных сквозных речных и овражно-балочных долин притоков Оби и Чумыша, определивших значительное эрозионное расчленение всего междуречья. Пологоувалистые водоразделы между долинами имеют ширину от 5 до 15 км и вытянуты по направлению с юга-запада на северо-восток [6].

Геоморфологические элементы отличаются по составу слагающих грунтов, преобладающим углам наклона поверхности и показателям овражных форм. Основная характеристика геоморфологических элементов ОЧМ приведена в табл. 1.

Таблица 1

Основные усредненные показатели поверхности Обь-Чумышского междуречья (по материалам [2; 6; 22–23])
The main averaged indicators of surface of the Ob-Chumysh interfluvium (based on [2; 6; 22–23])

Геоморфологический элемент	Преобладающие грунты	Углы наклона, град	Овраги		
			Густота, км/10 км ²	Плотность, ед./10 км ²	Динамика, м/год
Бие-Чумышская возвышенность (водораздел)	Лёссовиды	0,3–1,3	Менее 1	1–2	0–15,0
Бие-Чумышская возвышенность (склоны)	Лёссовиды	3,0–6,0	3–5	5–10	2,0–5,0 до 21,0
Предсалаирская равнина	Лёссовиды, суглинки, скальные породы палеозоя	6,0–12,0	Менее 1	1–2	2,0–5,0
Обские террасы: низкие (I–III террасы)	Пески, супеси	до 0,5	Менее 1	Менее 1	0,1–3,0
Высокие (IV–V террасы)	Лёссовиды	3,0–6,0	Менее 1	1–2	0,5–3,0

Выделение районов преобладающего типа функционирования по отношению к выносу/накоплению литопотоков

Выделение районов по типам функционирования явилось результатом анализа двух составных исследуемой территории: бассейнов 3-го порядка с одинаковым типом функционирования и разнопорядковых фасеток склонов, не вошедших в контуры этих бассейнов. В качестве уточняющих характеристик дополнительно использованы показатели опасности овражной эрозии.

1. Анализ бассейнов 3-го порядка. Для Обь-Чумышского междуречья на основе топографической карты масштаба 1:500 000 с уточнениями по цифровой модели рельефа выделено 146 бассейнов 3-го порядка. Для каждого из них рассчитаны структурные индексы уклонов (ИСУ), длин (ИСД), площадей (ИСП), бифуркации (ИСБ), которые были сравнены с аналогичными индексами модального бассейна (МБ) Ю.Г. Симонова [26]. В итоге на ОЧМ выделено три типа бассейнов по отношению к выносу/накоплению литопотоков: сбрасыватели, транзитные и транзитные с тенденцией к накоплению. Характеристики представителей названных типов приведены в табл. 2.

Выявленная дифференциация бассейнов 3-го порядка показала преобладание бассейнов транзитного типа (около 60% общего числа бассейнов) и минимальное распространение бассейнов транзитных с тенденцией к накоплению (2%), практически вне зависимости от положения на каком-либо геоморфологическом элементе. Бассейны-сбрасыватели составили 38%, тяготея к террасам Оби (рис. 2, а).

Таблица 2

Характеристика типов функционирования бассейнов 3-го порядка (фрагмент)
Characteristics of the functioning types of basins of the 3rd order (fragment)

№ бассейна	Структурные индексы				Тип функционирования	
	ИСП	ИСД	ИСУ	ИСБ		Описание
МБ по [26]	532	136	631	134	Нормально дренируемый бассейн. Площадь бассейнов 1-го порядка составляет ок. 50% общей площади водосбора, 2-го – 30%, 3-го – ок. 20%. Длина водотока 1-го порядка – 10%, 2-го – 30%, 3-го – 60%. Уклоны водотоков 1-го порядка составляют 60%, 2-го – 30%, 3-го – 10%	Транзитный
1	361	451	523	122	Слабо дренируемый бассейн Увеличены площади бассейнов 2-го порядка за счет 1-го и 3-го. Увеличены длины водотоков 1-го и 2-го порядков за счет 3-го. Увеличены уклоны 3-го порядка за счет 1-го и 2-го	Сбрасыватель
2	523	523	631	133	Нормально дренируемый бассейн. Увеличена площадь бассейнов 3-го порядка на 10% за счет площади 2-го. Увеличены длины водотоков 1-го порядка преимущественно за счет 3-го при нормальных уклонах	Транзитный
114	442	442	631	143	Хорошо дренируемый бассейн Увеличены площади бассейнов 2-го порядка за счет 1-го. Увеличены длины 1-го и 2-го порядков за счет 3-го при нормальных уклонах	Транзитный с тенденцией к накоплению

2. Эрозионная сеть Обь-Чумышского междуречья не ограничивается водотоками 3-го порядка и связанными с ними бассейнами. Максимальный порядок водотоков, установленный на ОЧМ в масштабе 1:500 000, – шестой. Иначе говоря, бассейны 4-го, 5-го и 6-го порядков также занимают значительные пространства междуречья, но исходя из сложности и неотработанности некоторых методических приемов оказались вне возможности использования бассейнового анализа. Кроме них имеются еще водотоки 1-го и 2-го порядков, дренирующие пойму и первую террасу Оби, а также склоны, которые прилегают непосредственно к урезу воды Чумыша. Порядок этих крупных рек в масштабе исследования не установлен.

Чтобы восполнить пространственный «пробел» при характеристике транспортирующей / аккумуляющей функции литопотоков междуречья, были дополнительно проанализированы и типизированы фасетки склонов названных бассейнов 1–2-го и 4–6-го порядков, затем объединены в ареалы преобладающего развития. Теоретическим обоснованием стало положение о связи формы профиля и геоморфологической работы на склонах. В связи с чем сделан допуск, что фасетки выпуклого профиля по аналогии проявляют себя как сбрасыватели, вогнутого – как накопители, ровные – как транзитные. Положение анализируемых фасеток склонов представлено на рис. (см. рис. 2, а).

3. Дополнительным индикатором геоморфологической работы являются овраги. Учитывая, что процессы овражной эрозии сопровождаются выносом рыхлого материала, то показатели густоты и плотности оврагов послужили своеобразным инструментом, определяющим тип поверхности как сбрасывателя.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

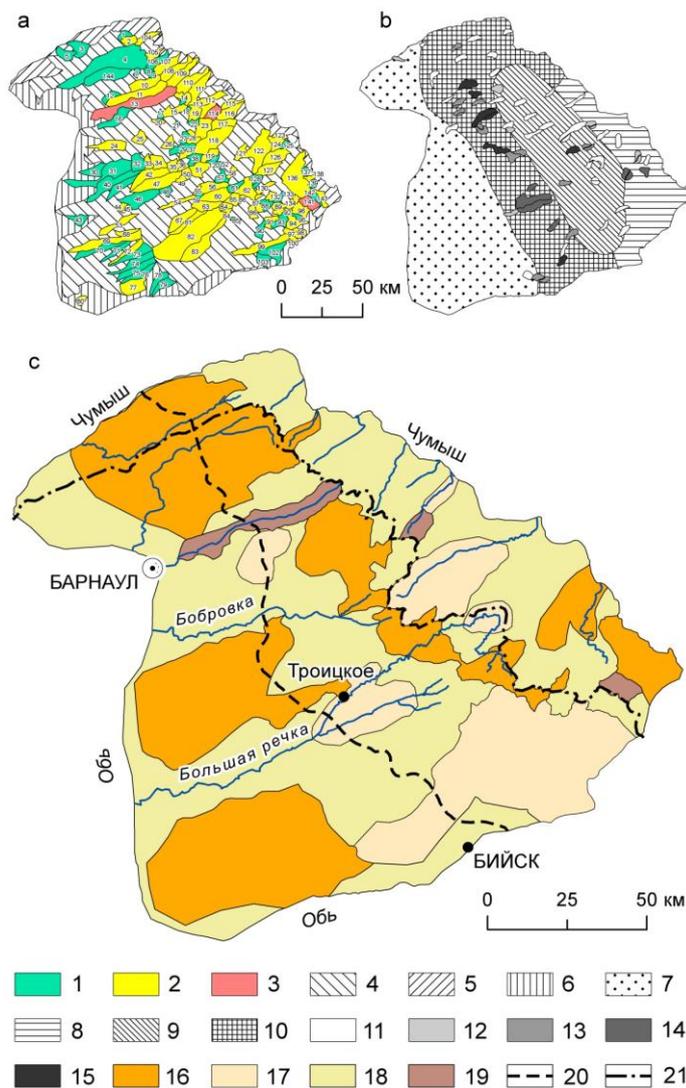


Рис. 2. Типы функционирования территории ОЧМ:

a – бассейны 3-го порядка (цифрами обозначены их номера, цветом – типы функционирования):

1 – сбрасыватели, 2 – транзитные, 3 – транзитные с тенденцией к накоплению; 4 – фасетки склонов: разнопорядковых, вне бассейнов 3-го порядка. Склоны Бие-Чумышской возвышенности, обращенные: 5 – к Чумышу, 6 – к Оби;

b – районы по степени опасности овражной эрозии по [23]: 7 – минимальной, 8 – средней, 9 – повышенной, 10 – высокой. Овражность – густота (км/10 км²) / плотность (кол-во вершин/10 км²) овражной сети по [2]: 11 – < 1 / 1–2; 12 – 1–2 / 2–10; 13 – 2–3 / 2–10; 14 – 3–5 / 5–10; 15 – > 5 / > 10;

c – районы преобладающих типов функционирования территории ОЧМ по выносу / накоплению литопотоков: 16 – сбрасыватели, 17 – транзитные с тенденцией к сбрасыванию, 18 – транзитные, 19 – транзитные с тенденцией к накоплению; 20 – граница между Бие-Чумышской возвышенностью и террасами Оби; 21 – водораздел Обь-Чумышского междуречья

Fig. 2. Functioning types of the territory of the Ob-Chumysh interfluvium:

a – River basins of the 3rd order (numbers indicate their numbers, color – types of functioning): 1 – dischargers, 2 – transit, 3 – transit with a tendency to accumulation; 4 – facets of slopes: 4 – different orders, outside the basins of the 3rd order. Slopes of the Biya-Chumysh Upland, facing: 5 – towards the Chumysh, 6 – towards the Ob;

b – Areas according to the degree of risk of Gully erosion according to [23]: 7 – minimal, 8 – medium, 9 – increased, 10 – high. Gully-density (km/10 km²) / density (number of peaks/10 km²) of the gully network according to [2]: 11 – < 1 / 1–2; 12 – 1–2 / 2–10; 13 – 2–3 / 2–10; 14 – 3–5 / 5–10; 15 – > 5 / > 10;

c – areas of the predominant types of the territory of Ob-Chumysh interfluvium activity in terms of removal / accumulation of lithoflows: 16 – discharges, 17 – transit with a tendency to discharge, 18 – transit, 19 – transit with a tendency to accumulation; 20 – the border between the Biya-Chumysh Upland and the terraces of the Ob; 21 – watershed of the Ob-Chumysh interfluvium

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

В масштабе 1:500 000 сочетание отдельных овражных форм формируют районы с различной степенью опасности овражной эрозии или интенсивности проявления процессов сбрасывания литопотоков.

Схема районирования овражной опасности ОЧМ (рис. 2, *b*) составлена при совмещении схемы овражной опасности [22; 23] и схемы овражности (сочетание густоты и плотности развития оврагов) [2]. На ней, как у А.Ф. Путилина (1988) [22], отражены 4 степени овражной опасности: минимальная, средняя, повышенная и высокая. Основой выделения районов является анализ основных факторов развития овражной эрозии: рельефа (вертикальное, горизонтальное расчленение), неотектоники, типа осадков и их размываемости с учетом густоты и плотности распространения отдельных эрозионных форм.

Район минимальной опасности (оврагов практически нет) имеет минимальное горизонтальное расчленение, наименьший тектонический подъем, легкие песчаные породы, овражность (густота / плотность) единичных очагов распространения оврагов составляет $<1 \text{ км}/10 \text{ км}^2 / 1-2 \text{ ед.}/10 \text{ км}^2$. Район средней опасности (единичные овраги) имеет высокое горизонтальное расчленение, распространение средних и тяжелых суглинков с близким (3–15 м) залеганием скальных пород, овражность редких очагов $<1 / 1-2$ до $2-3 / 2-10$. Район повышенной опасности (значимое количество оврагов) имеет горизонтальное расчленение порядка $0,8-1,2 \text{ км}/\text{км}^2$, сложен лёссовидными суглинками, преимущественно легкого и среднего механического состава, овражность очагов $1-2 / 2-10 - 2-3 / 2-10$. Район высокой опасности (большое количество оврагов) имеет горизонтальное расчленение $0,6-0,8 \text{ км}/\text{км}^2$, сложен легкими лёссовидными суглинками с прослоями и линзами песков, значительный донный врез русел рек, интенсивное развитие донных и склоновых оврагов, преобладает овражность многочисленных очагов $3-5 / 5-10 - >5 / >10$.

4. Типы функционирования бассейнов 3-го порядка, фасеток разнопорядковых склонов (за пределами бассейнов 3-го порядка) в сочетании с овражной опасностью, отраженные на рис. 2, составили основу районирования по типам функционирования к выносу/накоплению литопотоков для всего Обь-Чумышского междуречья. В итоге установлено 5 типов районов: сбрасыватели, транзитные с тенденцией к сбрасыванию, транзитные, транзитные с тенденцией к накоплению (рис. 2, *c*).

Сбрасыватели охватывают поверхности IV и V обских террас, водораздельной части Бие-Чумышской возвышенности и Предсалаирской цокольной равнины. Для них характерно значительное преобладание бассейнов-сбрасывателей 3-го порядка в сочетании с высокой и повышенной степенью овражной опасности на фасетках склонов 4–6 порядков.

Транзитные с тенденцией к сбрасыванию районы распространены в большей степени на Предсалаирской равнине и частично – на западных и восточных склонах Бие-Чумышской возвышенности. Отличительная их особенность – равное соотношение бассейнов транзитного типа и сбрасывания, а также повышенная овражная опасность на фасетках 4–6 порядков.

Транзитные районы занимают большую часть Обь-Чумышского междуречья во всех его геоморфологических элементах. Здесь отмечен транзитный тип, как бассейнов 3-го порядка, так и фасеток склонов более высоких порядков в сочетании с различными степенями овражной опасности (от минимальной до опасной). Особенностью данного района является наличие в пределах поймы и низких террас элементарных бассейнов 2-го и 1-го порядков, которые впадают непосредственно в реки Обь и Чумыш. Согласно теоретическим положениям бассейнового анализа [17] бассейны 2-го и 1-го порядков из-за малых размеров не могут быть проанализированы и условно считаются транзитными.

Транзитные с тенденцией к накоплению не имеют определенной закономерности распространения. Один район расположен в северной части междуречья на западном склоне

Бие-Чумышской возвышенности, охватывая, частично, обские террасы, второй – на восточном склоне Бие-Чумышской возвышенности. Третий представлен на склонах Предсалаирской равнины с повышенной и средней овражной опасностью.

Районирование по типу хозяйственного использования земель

Хозяйственное использование земель

Площадное воздействие на поверхность Обь-Чумышского междуречья оказывают сельское, лесное хозяйство, функционирование особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и населенных пунктов.

Наибольшее воздействие на поверхность ОЧМ оказывают пашни, общая площадь которых составляет 87,6 тыс. га [7]. На Бие-Чумышской возвышенности и высоких террасах Оби доля пашен достигает 80% [23]. В меньшей степени распашке из-за сильного расчленения поверхности подвержены северная часть возвышенности и Предсалаирская равнина.

Пастбища и сенокосы преимущественно приурочены к залесенным низким террасам, сложенным супесчаными почвами.

Площади лесного фонда в пределах Обь-Чумышского междуречья составляют 1036,8 тыс. га. Большую часть занимают леса защитного целевого назначения. На эксплуатационные леса отводится всего 25,8 тыс. га (2,5% общей площади лесного фонда междуречья) [7; 8]. Эксплуатационные леса ОЧМ концентрируются в большей степени в восточной части междуречья на склонах Бие-Чумышской возвышенности. Леса защитного назначения, имеющие статус особо охраняемых природных территорий, находятся в границах 6 заказников, расположенных на обских террасах и имеющих общую площадь 178 991,08 га [20]. На долю населенных пунктов и дорог приходится до 2,5 и до 0,3% территории, соответственно.

Распределение использования земель характеризуется высокой мозаичностью. Например, на Бие-Чумышской возвышенности пашни занимают пологие участки водораздельных увалов, а склоны и днища, разделяющие увалы долин и балок, используются как естественные кормовые угодья. Поэтому на основе составленной нами карты хозяйственного использования земель масштаба 1:500 000 выполнено районирование по преобладающему типу хозяйственного использования земель, где территории с однообразными типами использования объединены в 10 районов. Характеристика районов дана на рис. 3 и в табл. 3.

В качестве примера рассмотрим характеристику Предсалаирского пахотного района (X) (см. рис. 3, табл. 3), расположенного на Предсалаирской цокольной равнине в пределах Целинного района. Несмотря на значительное эрозионное расчленение, основным видом использования земель здесь является пашня, на долю которой приходится 60,1% всей площади района. Пастбища составляют 23,6% территории, сенокосы – 13,2%, населенные пункты – 2,5%, леса – 0,3%, дороги – 0,3%. Контурные пастбищ и сенокосов, в целом, повторяют рисунок эрозионной сети.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

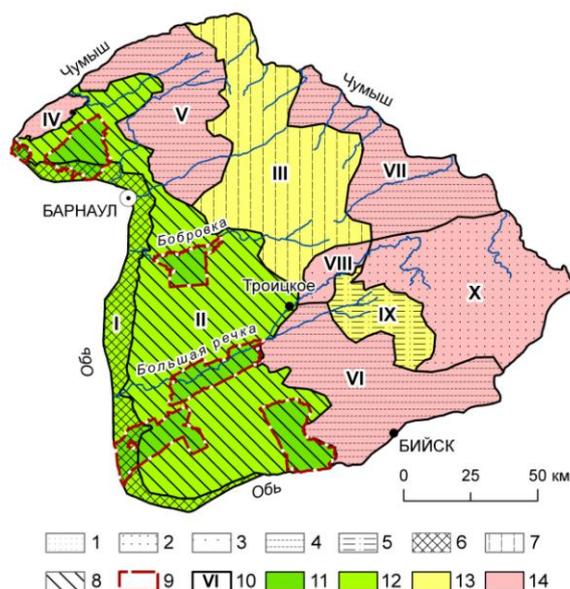


Рис. 3. Хозяйственное использование земель и антропогенная нагрузка Обь-Чумышского междуречья
Преобладающий тип использования земель: 1 – пашня; 2 – пашня в сочетании с пастбищами и сенокосами; 3 – пашня в сочетании с сенокосами; 4 – пашня в сочетании с пастбищами и вытянутыми балочными лесами; 5 – пашня в сочетании с лесами; 6 – сенокосы; 7 – леса в сочетании с пашнями; 8 – леса; 9 – ООПТ; 10 – границы и номера районов ОЧМ по преобладающему типу использования земель: I – обской пойменный сенокосный; II – обской террасовый лесной с ООПТ; III – склоново-водораздельный лесной; IV – обской террасовый пахотный; V – северный склоново-террасовый пахотный; VI – южный склоново-террасовый пахотный; VII – чумышский склоновый пахотный; VIII – обской склоновый пахотный; IX – склоновый пахотно-сенокосно-лесной; X – предсалаирский пахотный. Степень антропогенной нагрузки: 11 – очень низкая, 12 – низкая, 13 – средняя, 14 – высокая

Fig. 3. Economic use of lands and anthropogenic load of the Ob-Chumysh interfluvium

The predominant type of land use: 1 – arable land; 2 – arable land in combination with pastures and hayfields; 3 – arable land in combination with hayfields; 4 – arable land in combination with pastures and elongated beam forests; 5 – arable land in combination with forests; 6 – hayfields; 7 – forests in combination with arable land; 8 – forests; 9 – protected areas. 10 – boundaries and numbers of Ob-Chumysh interfluvium according to the predominant type of land use: I – ob floodplain haymaking; II – ob terraced forest with protected areas; III – slope-watershed forest; IV – ob terraced arable; V – northern slope-terraced arable; VI – southern slope-terraced arable; VII – chumysh slope arable; VIII – ob Slope arable; IX – slope arable-hay-forest; X – foothill plain of Salair with arable. The degree of anthropogenic load: 11 – very low, 12 – low, 13 – medium, 14 – high

Таблица 3

Структура использования земель Обь-Чумышского междуречья
Structure of land use in the Ob-Chumysh interfluvium

Тип использования земель	Районы по преобладающему типу использования земель									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	Доля типа использования земель в границах района, %									
Сенокосы	80,2	1,9	4,1	–	2	4,5	7	33	23,5	13,2
Пастбища	6,4	1,4	5,2	1,6	12,2	13,3	7,6	0,9	5,6	23,6
Пашня	0,4	2,3	43,3	98,0	72,4	68,4	72,4	61	45	60,1
Населенные пункты	1,3	2,6	3,0	–	3,0	8,0	2,9	1,9	2,6	2,5
Леса	3,6	–	43,9	0,1	9,5	3,9	9,0	2,0	23,0	0,3
Неиспользуемые земли	0,4	2,3	0,2	–	0,4	1,5	0,8	–	–	–
Дороги	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
ООПТ	7,5	23,2	–	–	–	–	–	–	–	–
Леса, используемые ограниченно	–	66,0	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Названия и положение районов по номерам показаны на рис. 4. Прочерки – вид использования в районе не представлен.

Note. Districts by type of land use should be viewed in Fig. 4. Dashes indicate that the type of use is not presented in the area.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

Определение антропогенной нагрузки территории (АН)

Оценка антропогенной нагрузки ОЧМ проводилась с использованием средневзвешенного по площади балла антропогенной нагрузки по формуле:

$$B_{\text{срвз}} = \frac{\sum \text{Балл} * S_i}{S}, \quad (1)$$

где $B_{\text{срвз}}$ – средневзвешенный по площади балл антропогенной нагрузки.

Балл – балл антропогенной нагрузки, присвоенный соответствующему типу земель. Значение баллов по [10] следующее: 6 баллов (высшая степень АН) характеризуют нарушенные земли промышленности, транспорта, городов, инфраструктуры; 5 баллов (очень высокая степень АН) – орошаемые и осушаемые пахотные земли; 4 балла (высокая) – земли пахотные, интенсивных рубок, осушаемые и орошаемые пастбищные и сенокосные; 3 балла (средняя) – многолетние насаждения; 2 балла (низкая) – земли ограниченного использования: сенокосы и пастбища естественные, леса; 1 балл (очень низкая) – природоохранные земли, болота.

S_i – площадь, занятая определённым типом использования земель.

S – общая площадь района по преобладающему типу хозяйственного использования земель.

Для каждого района в соответствии с баллами определена степень антропогенной нагрузки. Так, например, для рассмотренного выше Предсалаирского пахотного района (Х) антропогенная нагрузка составила для населенных пунктов, дорог – 6 баллов, для пастбищ, пашен – 4 балла, для сенокосов и естественных лесов – 2. Всего на территории ОЧМ установлены районы 4 степеней антропогенной нагрузки (см. рис. 3).

Очень низкая АН – охватывает обские террасы с ведущим типом использования земель ООПТ (6 заказников); *низкая АН* – обские террасы, где преобладают естественные лесные угодья с ограниченным количеством сенокосов, пастбищ и пашен; *средняя степень АН* – Бие-Чумышская возвышенность, где преобладают естественные лесные массивы, осложненные ареалами пашен и сенокосов; *высокая степень АН* – на склоновых поверхностях Бие-Чумышской возвышенности и на Предсалаирской равнине, где установлено преобладание пашни, а также пастбищ и сенокосов.

Оценка устойчивости поверхности

Для определения устойчивости в ArcGis среде было проведено пересечение слоев «Районы по преобладающему типу функционирования Обь-Чумышского междуречья» и «Антропогенная нагрузка Обь-Чумышского междуречья». Устойчивость поверхности к антропогенным нагрузкам с учетом бассейновой организации определялась с использованием матрицы (табл. 4)

Таблица 4

Матрица для оценки устойчивости поверхности с учетом бассейновой организации Обь-Чумышского междуречья
Matrix for assessing of the stability of surface, taking into account the basin organization of the Ob-Chumysh interfluves

Тип бассейнов	Степень антропогенной нагрузки				
	очень высокая	высокая	средняя	низкая	очень низкая
Сбрасыватели	ОН	ОН	Н	Н	С
Транзитные с тенденцией к сбрасыванию	ОН	Н	Н	С	В
Транзитные	Н	Н	С	В	В
Транзитные с тенденцией к накоплению	Н	С	В	В	ОВ
Накопители	С	В	В	ОВ	ОВ

Примечание. Устойчивость: ОН – очень низкая, Н – низкая, С – средняя, В – высокая, ОВ – очень высокая
Note. The stability of surface: ОН – very low, Н – low, С – medium, В – high, ОВ – very high.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

В итоге на территории Обь-Чумышского междуречья установлены районы с очень низкой, низкой, средней, высокой и очень высокой степенями устойчивости (рис. 4).

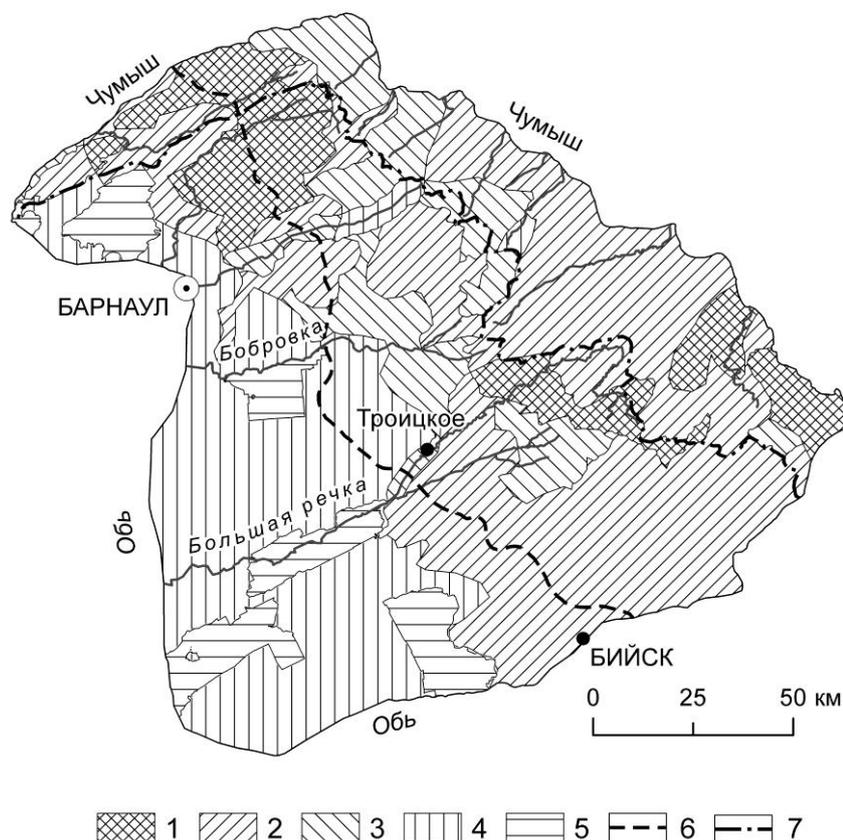


Рис. 4. Устойчивость поверхности Обь-Чумышского междуречья:

1 – очень низкая, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – высокая, 5 – очень высокая. 6 – граница между Бие-Чумышской возвышенностью и террасами Оби; 7 – водораздел Обь-Чумышского междуречья

Fig. 4. The stability of surface of the Ob-Chumysh interfluvium:

1 – very low, 2 – low, 3 – medium, 4 – high, 5 – very high. 6 – boundary between the Bie-Chumysh Upland and the Ob terraces; 7 – watershed of the Ob-Chumysh interfluvium

Очень низкая устойчивость поверхности Обь-Чумышского междуречья характерна для склонов и водораздела северной и, частично, южной части Бие-Чумышской возвышенности; северной части поверхности высоких обских террас, а также для большей части Предсалаирской цокольной равнины. Преобладающий тип территории функционирования к выносу / накоплению литопотоков определяется как сбрасыватель. Это участки с высокой и повышенной опасностью развития оврагов, что подтверждается высокими значениями их густоты и плотности (соответственно, до 3–5 и до 5–10). Антропогенная нагрузка (высокая степень) характеризуется значительной долей распаханности, которая достигает 60–70%, и пастбищ (от 10 до 20%).

Низкая устойчивость поверхности охватывает водоразделы и склоны южной и восточной, частично, центральной и северной частей Бие-Чумышской возвышенности междуречья. По типу функционирования – это районы транзитные с тенденцией к сбрасыванию. На отдельных участках наблюдаются высокая густота и плотность оврагов (соответственно, до 3–5 и до 5–10), которые активно развиваются под влиянием хозяйственной деятельности. Высокая степень антропогенной нагрузки определяется долей пашен, достигающей 60–70%.

Средняя устойчивость поверхности охватывает водоразделы и склоны центральной и северной частей Бие-Чумышской возвышенности междуречья. Преобладающий

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

функциональный тип территории – транзитный. Опасность овражной эрозии повышенная, густота и плотность оврагов (соответственно, до 3–5 и до 5–10). Но степень антропогенной нагрузки оценивается как средняя, несмотря на то, что на долю пашни здесь приходится около 45%, так как она несколько смягчается наличием естественных лесных массивов (около 20–40%).

Высокая устойчивость поверхности присуща обским террасам. По функциональному типу территория обладает качествами транзитной, хотя здесь среди бассейнов 3-го порядка отмечаются сбрасыватели. Это район с минимальной опасностью оврагообразования. Территория в значительной степени покрыта лесом и в хозяйственную деятельность вовлечена ограничено, что определяет здесь низкую антропогенную нагрузку.

Очень высокая устойчивость поверхности характеризует территории под заказниками, расположенные на обских террасах. Пространственное распределение имеет мозаичный характер. По типу это земли с очень низкой антропогенной нагрузкой, так как выполняют защитные функции и не вовлекаются в хозяйственную деятельность.

Заключение

Предложенная методика оценки устойчивости поверхности, основанная на сопоставлении типа функционирования элементов бассейновой организации по отношению к выносу/накоплению литопотоков со степенью антропогенной нагрузки, наиболее эффективна для территорий со значительным эрозионным расчленением. Выбранная в качестве объекта исследования поверхность Обь-Чумышского междуречья интересна тем, что здесь происходит наложение двух видов организации природных систем – бассейновой и геоморфологической. Эти системы оказывают совместное влияние как на структуру хозяйственного использования земель, так и на интенсивность и направленность связанных с ней процессов трансформации поверхности, что наиболее ярко проявляется в развитии овражной эрозии.

Результаты представленного исследования могут послужить основой для оптимизации природопользования Обь-Чумышского междуречья. Предложенная методика оценки сильно эродированных территорий с учетом их полиструктурной организации дополнительно раскрывает возможности геоэкологического подхода.

Список источников

1. Антонов С.И., Костомаха В.А., Судакова Н.Г. Оценка факторов геоэкологической устойчивости морфолитоогенной основы ландшафтов в бассейне Верхней Волги и Оки // *Ландшафтная география в XXI в.: мат. Межд. науч. конф. «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова»*, Симферополь, 11–14 сентября, 2018 г. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 234–237.
2. Атлас Алтайского края: в 2 т. М.; Барнаул: ГУГК, 1978. Т. 1. 222 с.
3. Борсук О.А., Симонова Т.Ю., Шмыков В.И. Эколого-геоморфологические исследования в речных бассейнах: краткий обзор // *Эколого-геоморфологические исследования в речных бассейнах: мат. V Всерос. науч.-практ. конф.* Воронеж: НАУКА-ЮНИПРЕСС, 2018. С. 18–27.
4. Географические и инженерно-геологические условия степного Алтая. Новосибирск: Наука, 1988. 95 с.
5. Глазовская М.А. Технобиогермы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза // *Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География.* 1972. № 6. С. 21–34.
6. Демин А.Г. Динамика и строение эрозионной сети Алтайского регион / под. ред. проф. Р.С. Чалова. Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1993. 145 с.
7. Инвестиционные паспорта муниципальных образований [Электронный ресурс]: URL: https://economy22.ru/investment/investoram/investment_passport_of_municipalities/ (дата обращения: 15.10.2021).
8. Карта земельного фонда Алтайского края масштаба 1:500 000. Составлена с использованием материалов космической съемки ВИСХАГИ. Барнаул: Изд-во Картогр. филиала Росземпроекта, 1985. 6 л.
9. Кичигин А.Н. Анализ эрозионно-денудационных морфосистем Забайкалья и Дальнего Востока: автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.04. Вологда, 1975. 20 с.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

10. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: Изд-во Смол. гум. ун-та, 1999. 154 с.
11. Кружалин В.И. Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 176 с.
12. Кружалин В.И., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Человек, общество, рельеф: Основы социально-экономической геоморфологии. М.: Диалог культур, 2004. 120 с.
13. Маскайкин В.Н., Кирюшин А.В. Комплексная оценка морфолитогенной основы территории Мордовии // Вестник ЗабГУ. 2017. Т. 23. № 9. С. 12–24.
14. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2008. 288 с.
15. Николаева Н.А., Пинигин Д.Д. Оценка устойчивости ландшафтов территории освоения Эльгинского каменноугольного месторождения // География и природные ресурсы. 2019. № 1. С. 45–51.
16. Николаевская Е.М., Губанов М.Н. Овражность. Масштаб 1:2000000 // Атлас Алтайского края: в 2 т. М.; Барнаул: ГУГК, 1978. Т. 1. С. 55.
17. Новаковский Б.А., Симонов Ю.Г., Тульская Н.И. Эколого-геоморфологическое картографирование Московской области. М.: Научный мир, 2005. 72 с.
18. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
19. Остроумов В.М. Овражная эрозия и процессы ее естественного затухания на территории Бие-Чумышской лесостепи // Известия Алт. отд. географ. об-ва СССР. Барнаул, 1963. Вып. 3. С. 107–114.
20. Перечень действующих ООПТ регионального и местного значения на территории Алтайского края в 2021 году [Электронный ресурс]: Официальный сайт. URL: <https://minprirody.alregn.ru/files/incoming/files/oopt/> (дата обращения: 20.11.2021).
21. Платонова С.Г., Стрельникова Т.О., Скрипко В.В., Манаков Ю.А. Комплексная оценка угледобывающих районов в целях сохранения биоразнообразия // География и природные ресурсы. № 3. 2018. С. 49–58.
22. Путилин А.Ф. Оврагообразование на юго-востоке Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-е, 1988. 81 с.
23. Путилин А.Ф. Эрозия почв в лесостепи Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во ИВЭП СО РАН, 2002. 184 с.
24. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 261 с.
25. Симонов Ю.Г. Избранные труды (в 85-летие со дня рождения). М.: Изд-во ООО «Ритм», 2008. 384 с.
26. Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. 2003. Вып. 14. С. 7–32.
27. Судакова Н.Г., Антонов С.И., Введенская А.И., Костомача В.А., Немцова Г.М. Палеогеографическое районирование Восточно-Европейской равнины как основа геоэкологической оценки устойчивости геосистем // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География, 2016. № 4. С. 13–21.
28. Философов В.П. Порядки долин и их использование при геологических исследованиях // Научный ежегодник Саратовского университета за 1955 г. Саратов, 1959. Отд. 6. С. 38–40.
29. Экоинформация / Сайт Алтайской краевой универсальной научной библиотеки им. В.Я. Шишкова. URL: <http://akunb.altlib.ru/o-tsentre-ekologiya/ekoinformatsiya/> (дата обращения: 20.11.2021).

References

1. Antonov, S.I., Kostomaha, V.A., Sudakova, N.G. (2018), Estimate of the geoeological stability factors of the morpholithogenous basis of landscapes in the upper Volga and Oka basin, *Landshaftnaya geografiya v XXI v.: mater. Mezhdunar. nauch. konf. [Landscape geography in the 21st century. International scientific conference «The third landscape-ecological Grishanov readings»]*. IT «ARIAL», Simferopol, pp. 234–237.
2. *Atlas Altajskogo kraja* [Atlas of Altai Krai: in 2 vol]. (1978), GUGK, Moscow –Barnaul, vol. 1.
3. Borsuk, O.A., Simonov, a T.Yu., Shmikov, V.I. (2018), Jekologo-geomorfologicheskie issledovanija v rechnyh bassejnah: kratkij obzor [Ecological and geographical research in river basins: a brief overview], *Jekologo-geomorfologicheskie issledovanija v rechnyh bassejnah*, Voronezh, pp. 18–27.
4. *Geograficheskie i inzhenerno-geologicheskie uslovija stepnogo Altaja* [Geographical and engineering-geological conditions on the Altai plain] (1988), Nauka, Novosibirsk, Russia.
5. Glazovskaya, M.A. (1972), Technobioherms are the initial physical-geographical objects of the landscape-geochemical forecast, *Vestnik Mosk. un-ta, Seriya 5, Geography*, № 6, pp. 21–34.
6. Demin, A.G. (1993), *Dinamika i stroenie jerozionnoj seti Altajskogo regiona* [Dynamics and structure of the drainage network of the Altai region], Izd-vo Novosibirskogo un-ta, Novosibirsk, Russia.
7. “Investicionnye pasporta municipal'nyh obrazovanij. Oficial'nyj sajт”. [Investment passports of municipalities. Altai region official site], available at: https://econom22.ru/investment/investoram/investment_passport_of_municipalities/ (accessed 15 October 2021).

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

8. *Karta zemel'nogo fonda Altajskogo kraja masshtaba 1 : 500 000* [Land map of the Altai Territory, scale of 1:500 000] (1985), Kartograficheskij filial Roszemproekta.
9. Kichigin, A.N. (1975), *Analiz jerozionno-denuacionnyh morfosistem Zabajkal'ja i Dal'nego Vostoka* [Analysis of erosion-denudation morphosystems in Transbaikalia and the Far East], Extended abstract of PhD dissertation, Vologda, Russia.
10. Kochurov, B.I. (1999), *Geojekologija: jekodiagnostika i jekologo-hozjajstvennyj balans territorii* [Geoecology: ecodiagnosics and ecological and economic balance of the territory], Izd-vo Smolenskogo gum. un-ta, Smolensk, Russia.
11. Kruzhalin, V.I. (2001), *Jekologicheskaja geomorfologija sushhi* [Ecological geomorphology of land], Nauchny`j mir, Moscow, Russia.
12. Kruzhalin, V.I., Simonov, Yu.G., Simonova, T.Yu. (2004), *Chelovek, obshhestvo, rel'ef: Osnovy social'no-jekonomicheskoy geomorfologii* [Man, society, relief: Basic of socio-economic geomorphology], Dialog kul'tur, Moscow, Russia.
13. Maskaykin, V.N., Kiryushin, A.V. (2017), Complex estimation of the stability of the morpholithogenous basis of Mordovia, *Vestnik ZabGU*, vol. 23. № 9, pp. 12–24.
14. Maloletko, A.M. (2008), *Jevoljucija rechnyh sistem Zapadnoj Sibiri v mezozoe i kajnozoe* [Evolution of the river systems of Western Siberia in the Mesozoic and Cenozoic], Tomskij gosudarstvenny`j universitet Tomsk, Russia.
15. Nikolaeva, N.A., Pinigin, D.D. (2019), Assessment of landscape resilience on the territory of development of the Elga coal deposit, *Geografija i prirodnye resursy*, №.1, pp. 45–51.
16. Nikolaevskaya, E.M., Gubanov, M.N. (1978), Gully erosion. Scale 1:2000000, *Atlas Altajskogo kraja* [Atlas of Altai Krai: in 2 vol], GUGK, Moscow – Barnaul, vol. 1, p. 55.
17. Novakovskii, B.A., Simonov, Yu.G., Tulsckaya, N.I. (2005), *Jekologo-geomorfologicheskoe kartografirovanie Moskovskoj oblasti* [Ecological and geomorphological mapping of Moscow region], Nauchny`j mir, Moscow, Russia.
18. Orlov, A.D. (1983), *Jerozija i jerozionnoopasnye zemli Zapadnoj Sibiri* [Erosion and erosionprone lands of Western Siberia], Nauka. Sib. otd-e, Novosibirsk, Russia.
19. Ostroumov, V.M. (1963), Gully erosion and the processes of its natural attenuation in the territory of the Bya-Chumysh forest-steppe, *Izvestija Alt. otd. geograf. ob-va SSSR*, Barnaul, vol. 3, 107–114 pp.
20. "Perechen' dejstvujushihh OOPT regional'nogo i mestnogo znachenija na territorii Altajskogo kraja v 2021 godu" [List of specially protected natural areas of regional and local significance in the Altai Territory in 2021]. *Altai region official site*, available at: <https://minprirody.alregn.ru/files/incoming/files/oopt/> (accessed 20.11.2021).
21. Platonova, S.G., Strelnikova, T.O., Skripko, V.V., Manakov, Yu.A. (2018), A comprehensive assessment coal mining areas for biodiversity conservation, *Geografija i prirodnye resursy*, №. 3, pp. 49–58.
22. Putilin, A.F. (1988), *Ovragoobrazovanie na jugo-vostoke Zapadnoj Sibiri* [Gully development in the southeast of Western Siberia], Nauka, Novosibirsk, Russia.
23. Putilin, A.F. (2002), *Jerozija pochv v lesostepi Zapadnoj Sibiri* [Soil erosion in forest-steppe zone of Western Siberia], Izd-vo IVE P SO RAN, Novosibirsk, Russia.
24. Simonov, Yu.G. (1972), *Regional'nyj geomorfologicheskij analiz* [Regional geomorphological analysis], Izd-vo Mosk. un-ta, Moscow, Russia.
25. Simonov, Yu.G. (2008), *Izbrannye trudy (v 85-letiju so dnja rozhdenija)* [The best scientific works (for the anniversary of Yu.G. Simonov. The 85th anniversary of his birth)], Izdatel'stvo OOO «Ritm», Moscow, Russia.
26. Simonov, Yu.G., Simonova, T.Yu. (2003). River basin and basin organization of the geographic shell, *Jerozija pochv i ruslovyje process*, vol. 14, pp. 7–32.
27. Sudakova, N.G., Antonov, S.I., Vvedenskaya, A.I., Kostomaha, V.A., Nemtsova, G.M. (2016), Palaeogeographic zoning of the East European plain as a basis for the geoecological assessment, *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografij*, № 4, pp. 13–21.
28. Filosofov, V.P. (1959), Orders of valleys and their use in geological researches, *Nauchnyj ezhegodnik Saratovskogo universiteta za 1955 g*, Saratov, vol. 6, pp. 38–40.
29. Jekologicheskaja informazija [Environmental information], *Website of the Altai Regional Universal Scientific Shishkov Library*, available at: <http://akunb.altlib.ru/o-tsentre-ekologiya/ekoinformatsiya/> (accessed 20.11.2021).

Статья поступила в редакцию: 22.02.22; одобрена после рецензирования: 07.06.22; принята к опубликованию: 19.09.22.

The article was submitted: 22 February 2022; approved after review: 07 June 2022; accepted for publication: 19 September 2022.

Экология и природопользование
Скрипко М.С., Платонова С.Г., Скрипко В.В.

Информация об авторах

Information about the authors

Марина Сергеевна Скрипко

Инженер, Институт водных и экологических проблем СО РАН;

656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1;
преподаватель, колледж Алтайского государственного университета;
656049, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина

Софья Григорьевна Платонова

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН;

656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

Вадим Валерьевич Скрипко

Кандидат географических наук, доцент, зав. кафедрой природопользования и геоэкологии, Алтайский государственный университет;

656049, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61;

Научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН;

656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

Marina S. Skripko

Engineer, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia;
Lecturer, Altai State University college;

61, Lenina pr., Barnaul, 656049, Russia

e-mail: sazykina.m@mail.ru

Sofya G. Platonova

Candidate of Geological-mineralogical Sciences, Associate Professor, Senior Research Officer, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

e-mail: sgplatonova@mail.ru

Vadim V. Skripko

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Altai State University;

61, Lenina pr., Barnaul, 656049, Russia;

Research Officer, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

e-mail: skripko@inbox.ru

Вклад авторов

Скрипко М.С. – сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Платонова С.Г. – идея, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Скрипко В.В. – сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Skripko M.S. – material collection, material processing, article writing.

Platonova S.G. – idea, material processing, article writing, scientific text editing.

Skripko V.V. – material collection, material processing, article writing.

The authors declare no conflict of interest.