

Научная статья

УДК 504.5.06 (571.1+571.15)

doi: 10.17223/25421379/37/13

## ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ЛИТОСФЕРНОГО КЛАССА ДЛЯ ГЕОСИСТЕМ РАЗНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)



Софья Григорьевна Платонова<sup>1</sup>, Вадим Валерьевич Скрипко<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия*

<sup>2</sup> *Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия*

<sup>1</sup> *sgplatonova@mail.ru*

<sup>2</sup> *skripko@inbox.ru*

**Аннотация.** Для Западной Сибири на разных таксономических уровнях (федеральном, региональном, субрегиональном) проведен анализ пространственных закономерностей развития процессов литосферного класса и выполнена оценка опасности их проявления, отраженная на схемах. В основе оценки использованы показатели площадной пораженности территории различными видами процессов и плотности населения.

**Ключевые слова:** *опасные природные процессы, литосферный класс, геоэкологический подход, геосистемы, Западная Сибирь*

**Источник финансирования:** работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (FUFZ-2021-0007).

**Для цитирования:** Платонова С.Г., Скрипко В.В. Оценка опасности процессов литосферного класса для геосистем разных таксономических уровней с использованием геоэкологического подхода (на примере Западной Сибири) // Геосферные исследования. 2025. № 4. С. 187–207. doi: 10.17223/25421379/37/13

Original article

doi: 10.17223/25421379/37/13

## ASSESSMENT OF THE HAZARDOUS PROCESSES OF THE LITHOSPHERIC CLASS FOR GEOSYSTEMS OF DIFFERENT TAXONOMIC LEVELS USING A GEOECOLOGICAL APPROACH (WESTERN SIBERIA AS A CASE STUDY)

Sofya G. Platonova<sup>1</sup>, Vadim V. Skripko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> *Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia*

<sup>2</sup> *Altai State University, Barnaul, Russia*

<sup>1</sup> *sgplatonova@mail.ru*

<sup>2</sup> *skripko@inbox.ru*

**Abstract.** Western Siberia is a large region of Russia, including the territory of the West Siberian Plain and the Altai-Sayan mountain region. The surface of the territory is a geosystem – a geological environment that develops under the influence of natural and anthropogenic groups of factors. The structural elements of the geosystem are areas of distribution of hazardous processes of the lithospheric class. The main natural factors are geomorphological features (angles of surface inclination, density of erosional dissection), lithology, climatic conditions (humidity, temperature) Anthropogenic factors are the main type of impact of economic activity (industrial-urban, agricultural) and the nature of the territorial structure (point, linear, areal). Complex conditions determined a sharp differentiation in the development of complexes of natural processes both over the area of Western Siberia and at different taxonomic levels. The research aims to investigate the features of the spatial distribution of hazardous processes of the lithospheric class for the geosystem of Western Siberia at three taxonomic levels. The federal level is Western Siberia, the regional level is a subject of Russia (Altai Territory), the subregional level is the urban area of a large city (Barnaul). The authors use a geoecological approach to study the problem. To assess the hazard, indicators of the area affected by the territory (for cryogenic, slope and subsidence processes), density and distribution density (for erosion processes), intensity (for earthquakes) (at the federal and regional level), and an indicator of the stability of the geological environment (at the subregional level) were used. The authors introduces a concept about the individuality of development of complexes of processes of the lithospheric class for different taxonomic levels. The direction of manifestation of complexes of processes is changing: from

meridional (at the federal level) to latitudinal (at the regional level). The properties of the geosystem are transformed: from “natural” (federal level) to “natural-economic” (regional) and “natural-technogenic” (subregional). The anthropogenic component of the geosystem is strengthening, and, as a result, processes are being transformed from “natural” to “natural and natural-technogenic”. At different levels of the geosystem, the operational units of hazard analysis change – the elements of the structure: zonal physical-geographical region, geomorphological region, geomorphological subregion. Hazardous processes are represented by types (federal level), subtypes and species (regional), species and paragenetic series of species (subregional). The presented results, carried out using a geoecological approach, reflect the features of the manifestation of dangerous processes of the lithospheric class at different taxonomic levels. The findings can be used in making management decisions.

**Keywords:** *natural hazards processes, lithospheric class, geoecological approach, geosystems, Western Siberia*

**Source of financing:** The study was carried out under the state assignment of Institute for Water and Environmental Problems SB RAS with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (FUFZ-2021-0007).

**For citation:** Platonova S.G., Skripko V.V. (2025) Assessment of the hazardous processes of the lithospheric class for geosystems of different taxonomic levels using a geoecological approach (Western Siberia as a case study). *Geospfermye issledovaniya – Geosphere Research*. 4. pp. 187–207. doi: 10.17223/25421379/37/13

## Введение

Оценка опасности и рисков природных процессов стала важным инструментом в достижении устойчивого развития регионов мира, как за рубежом [Hestnes, Lied, 1980; Glade et al., 2005; Naturkatastrophen..., 2005; Clague, Roberts, 2012; Spooner et al., 2013; García-Soriano et al., 2020], так и в нашей стране. В России, начиная с Государственной научно-технической программы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учётом рисков возникновения природных и техногенных катастроф» (1991), проводятся комплексные исследования природных опасностей и рисков. За последние три десятилетия появилось огромное количество работ, освещающих теоретические, методологические вопросы [Осипов и др., 1999; Опасные..., 2019], а также опыт оценки опасности и риска в регионах России с различными природно-климатическими и геодинамическими условиями [Татаринцев и др., 2023]. К настоящему моменту наработана мощная законодательная основа, регулирующая работы по изучению, мониторингу опасных процессов, инженерной защите от них [Федеральный закон..., 1994; Постановление..., 2007], а также ГОСТов, СНиПов, отраслевых СП. Практическим результатом стало создание паспортов безопасности [Приказ..., 2004], для всех субъектов и муниципальных образований РФ и паспортов климатической безопасности [Доклад..., 2017; Распоряжение..., 2020]. При такой степени научной, методологической, законодательной проработки проблемы и ее практической адаптации, тем не менее, остался неосвещенным ряд вопросов. Например, не определено отношение к территориям – объектам, которые характеризуются, как «ландшафты», «геоморфологические системы», «природно-хозяйственные системы», «геологическая среда» и др. Не всегда учитываются особенности проявления различных процессов при исследованиях разного масштаба и для различных иерархических уровней.

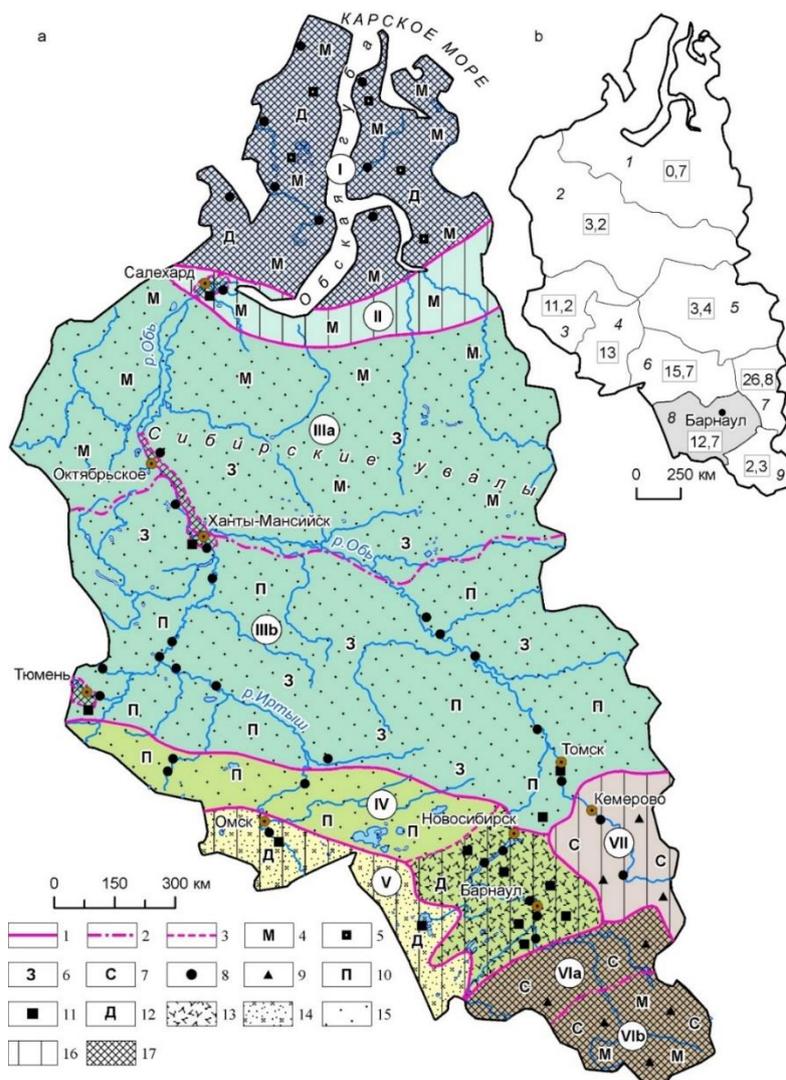
Применение геоэкологического подхода позволяет любые территории рассматривать как геосистемы, природно-антропогенные по своей сущности, в разном соотношении объединяющие качества природы и хозяйственного воздействия, а также по определению В.С. Преображенского [1986] сочетающие функции самоорганизации и управления. Геосистемы характеризуются динамичностью и обладают полиструктурной организацией. Структурными элементами геосистемы в зависимости от задач исследования могут быть природные, хозяйственные, административные территориальные единицы, а могут быть ареалы, обладающие различной динамической функцией, т. е. развивающихся под действием разных видов процессов.

Объектом представляемой работы является геосистема Западной Сибири на разных иерархических (таксономических) уровнях. Предмет – природные и природно-техногенные процессы литосферного класса, развитие которых приводит к изменению земной поверхности и часто представляет опасность для жизни и здоровья человека, а также угрозу функционированию объектам его жизнеобеспечения.

Цель – выявить особенности пространственного распределения опасных природных процессов литосферного класса для геосистемы Западной Сибири на разных таксономических уровнях.

## Материалы и методы исследования

В настоящей работе земная поверхность – это геологическая среда, развивающаяся под воздействием природных и антропогенных групп факторов и условий, рассматриваемая в рамках геоэкологического подхода [Кочуров, 1997; Голубев, 1999; Стурман, 2023] как геосистема. Пространственными структурными элементами геосистемы являются ареалы распространения опасных природных процессов (ОПП) литосферного класса.



**Рис. 1. Районирование Западной Сибири по развитию опасных природных процессов литосферного класса**

а. Физико-географические области (подобласти) равнинной Западно-Сибирской физико-географической страны: I – тундровая; II – лесотундровая; III – лесная (IIIa – с мерзлотно-таёжными ландшафтами, IIIб – с таёжными ландшафтами); IV – лесостепная; V – степная. Горные физико-географические страны: VI – Алтайская (VIa – низкогорная, VIb – средне-высокогорная); VII – Кузнецко-Салаирская. Границы: 1 – физико-географических областей, 2 – физико-географических подобластей, 3 – отдельных ареалов интенсивного развития опасных природных процессов литосферного класса. Ведущий подтип (вид) ОПП литосферного класса: 4 – криогенный и посткриогенный (5 – термоэрозия, 6 – заболачивание); 7 – склоновый (8 – оползенообразование, 9 – обвало-, лавино- и селеобразование); 10 – гипергенного литогенеза (просадки лёссовых грунтов); 11 – эрозионный (оврагообразование); 12 – эоловый (дефляция). Комплекс опасных природных процессов: 13 – сочетание просадок лёссовых грунтов, оползенообразования, оврагообразования и дефляции; 14 – сочетание дефляции, вторичного засоления грунтов, просадок лёссовых грунтов, плоскостной и овражной эрозии. Совокупная опасность проявления природных процессов: 15 – средняя; 16 – высокая; 17 – очень высокая. б. Цифрами в рамке указана плотность населения по регионам (чел./км<sup>2</sup>). Регионы Западной Сибири: 1 – Ямало-Ненецкий автономный округ, 2 – Ханты-Мансийский автономный округ, 3 – Тюменская область, 4 – Омская область, 5 – Томская область, 6 – Новосибирская область, 7 – Кемеровская область, 8 – Алтайский край, 9 – Республика Алтай

**Fig. 1. Zoning of Western Siberia for the development of hazardous processes of the lithospheric class**

a. Physico-geographical regions (sub-regions) of the West Siberian physical-geographical country: I – tundra; II – forest-tundra; III – forest (IIIa – with permafrost-taiga landscapes, IIIb – with taiga landscapes); IV – forest-steppe; V – steppe. Mountain physical-geographical countries: VI – Altai (VIa – low-mountain, VIb – mid-high-mountain); VII – Kuznetsky Alatau - Salair. Boundaries: 1 – physical-geographical regions, 2 – physical-geographical sub-regions, 3 – separate areas of intensive development of hazardous natural processes of the lithospheric class. Leading subtype (species) of lithospheric class processes: 4 – cryogenic and post-cryogenic (5 – thermal erosion, 6 – waterlogging); 7 – slope (8 – landslide formation, 9 – landslide, avalanche and mudflow formation); 10 – hypergene lithogenesis (subsidence of loess soils); 11 – erosional (gully formation); 12 – aeolian (deflation). Complex of hazardous natural processes of the lithospheric class: 13 – combination of subsidence of loess soils, landslides, gully erosion and deflation; 14 – combination of deflation, secondary soil salinization, subsidence of loess soils, planar and gully erosion. Cumulative hazard of development of natural processes: 15 – average; 16 – high; 17 – very high. b. Population density in regions (persons/km<sup>2</sup>) (figures in box). Western Siberian regions: 1 – Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, 2 – Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug, 3 – Tyumen Region, 4 – Omsk Region, 5 – Tomsk Region, 6 – Novosibirsk Region, 7 – Kemerovo Region, 8 – Altai region, 9 – Altai Republic

Природная группа факторов и условий включает геоморфологические особенности (углы наклона поверхности, густота эрозионного расчленения), литологический состав отложений, слагающих верхнюю часть геологического разреза, а также климатические условия (режим увлажнения, температура). Антропогенная группа факторов отражает характер территориальной структуры (точечный, линейный, площадной) и вид воздействия от хозяйственной деятельности (промышленно-урбанистический, сельскохозяйственный – в соответствии с классификацией А.Б. Басаликаса [1977]).

Иерархия геосистем рассмотрена в соответствии с физико-географическим районированием Н.И. Михайлова [1985] (рис. 1, *a*) с учетом пространственно-таксономических уровней природных комплексов В.Б. Сочавы [1978], геоморфологического районирования С.С. Воскресенского и соавт. [1980] и геоэкологического районирования С.Б. Кузьмина [2016].

В работе анализируются три уровня геосистемы: федеральный, представленный собственно Западной Сибирью, региональный – субъектом РФ (Алтайский край), субрегиональный – урбанизированной территорией крупного города (Барнаул) (рис. 1, *b*). Выделение уровней приводится с оговоркой, что границы понятий «федеральный», «региональный» и «локальный» в географической таксонометрии в зависимости от задач исследования и территории имеют «плавающий характер» [Кузьмин, 2009]. Разделение геосистем на «природные», «природно-хозяйственные» («природно-хозяйственные территориальные»), «природно-техногенные» в соответствие с их общими функциями представлено у К.Н. Дьяконова [1978], Г.И. Швевса [1987], А.М. Котельникова [2002] и др.

Опасные природные процессы (ОПП) рассмотрены в соответствии с общей классификацией [Осипов и др., 1999; Природные опасности..., 2002] со следующей иерархией подразделений: класс – тип – подтип – вид. Распространение ведущих видов процессов различного генезиса определялись с учётом степени пораженности ими территории и возможного проявления эффекта синергизма. Литосферный класс объединяет отдельные виды, относимые к эндогенному (дифференцированные тектонические движения земной поверхности, землетрясения) и экзогенному (эрозия, оползни и др.) типам. Но, учитывая комплексный характер проявлений, определяемый одинаковыми условиями и факторами, был сделан некоторый допуск, и на субрегиональном уровне здесь же рассмотрены процессы боковой речной эрозии и подмыва берегов, а также затопления, относящиеся к гидросферному классу.

При оценке пространственных особенностей развития отдельных процессов и их групп для геосистем федерального уровня использовались данные, опубликованные в Инженерной геологии СССР [1990]. При анализе ареалов распространения и показателей ОПП учитывались актуальные нормативные документы, регламентирующие инженерно-геологические изыскания [СП 115.13330.2016], и карты природных опасностей [Атлас..., 2005]. Из-за несоответствия информации в этих изданиях (например, к «опасной» категории относятся территории с 1–10 % площадной пораженности оползнями по [СП 115.13330.2016] и 10–25 % по [Атлас..., 2005]), категории опасности отдельных процессов приняты в соответствии с Атласом природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации [2005] (табл. 1). Для федерального уровня совокупная опасность определялась в границах физико-географических областей (подобластей) путем наложения ареалов распространения отдельных видов ОПП разных категорий опасности, а также плотности населения. «Плотность населения» использована в качестве интегрального показателя антропогенной нагрузки по А.Г. Исаченко [2001].

На региональном уровне в рамках геоэкологического подхода в анализируемые комплексы ОПП включены только те виды, которые оказывают наибольшее воздействие при площадном характере нагрузки на геологическую среду. При оценке степени опасности процессов овражной эрозии, дефляции и плоскостного смыва использованы материалы Атласа Алтайского края [1978] и авторские данные. Категория опасности процессов определялась для оврагов по [СП 115.13330.2016]. Опасность для всех процессов была приведена к одной шкале, поэтому для процессов плоскостной эрозии и дефляции был применен весовой коэффициент, понижающий степень опасности на одну позицию (например, «опасную» до «умеренно опасной»). При оценке опасности просадочных деформаций в категорию «неопасные» отнесены процессы с процентом поражения площади < 10 %. Всего выделены следующие степени опасности: «неопасная» (и «малоопасная») (НО), «умеренно опасная» (УО), «опасная» (О), «высокоопасная» (ВО) и «чрезвычайно опасная» (ЧО); для остальных процессов по [Атлас..., 2005].

Пространственная организация Западной Сибири отличается сложностью, определяемой огромным разнообразием природно-климатических и социально-экономических условий. Это разнообразие определило поливариантность ее структуры, которая в рамках пространственной парадигмы [Анимица,

2007; Красноярова и др., 2016] в зависимости от поставленных задач и масштаба анализа дает возможность использовать на разных иерархических уровнях различные варианты структуры и границ геосистем (например, для одного уровня в природных, для

другого – в административных). Используя этот допуск, границы региональной геосистемы рассмотрены в административных границах (Алтайский край), а опасность проявления ОПП внутри него – в природных границах (геоморфологических элементов).

Таблица 1  
Категории опасности некоторых видов природных процессов литосферного класса по [Атлас..., 2005] на федеральном уровне

Table 1  
Categories of hazard of processes of the lithospheric class. Federal level [Atlas..., 2005]

Основные показатели опасности	Категории опасности процессов			
	Весьма (чрезвычайно) опасные	Опасные	Умеренно опасные	Мало опасные
<i>Криогенные (термокарст, термоэрозия овражная)</i>				
Потенциальная площадная пораженность территории, %	–	Более 50	30–50	Менее 30
<i>Склоновые (оползни)</i>				
Площадная пораженность территории, %	25–50 и более	10–25	Менее 10	–
<i>Литогенного гипергенеза (просадочность лёссовых пород)</i>				
Площадная пораженность территории, %	–	60–70	50–60	30–50
<i>Эрозионные (эрозия овражная)</i>				
Плотность оврагов современная, ед./км <sup>2</sup>	–	2,1–5,0	0,5–2,1	Менее 0,5
Густота овражной сети современная, км/км <sup>2</sup>	–	0,51–1,3	0,11–0,51	Менее 0,1
<i>Землетрясения</i>				
Интенсивность по шкале MSK-64, баллы	9 и более	8	7	6

В Алтайском крае, на региональном уровне, показатель «плотность населения» рассматривается как условие функционирования геосистемы. Значения плотности населения для разных районов края слабо отличаются. Повышенная плотность приурочена к городам с прилегающими к ним районами, а также отмечается вдоль федеральных автомобильных и железных дорог. На субрегиональном уровне для крупного города Барнаула анализ опасности развития ОПП рассматривался для разных типов геологической среды, выделенных в границах геоморфологических подрайонов и развивающихся в условиях промышленно-урбанистического типа воздействия.

Пространственный анализ, моделирование и картографирование на всех таксономических уровнях проведены с использованием ГИС-технологий. В качестве основы использованы космические снимки высокого пространственного разрешения, размещенные в открытом доступе на web-сервисе Google.

### Результаты и их обсуждение

**Федеральный уровень – Западная Сибирь.** Западная Сибирь (ЗС) – российская часть Обь-Иртышского бассейна в пределах Сибирского федерального округа (Омская, Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край и Республика Алтай) и

частично Уральского ФО. В составе последнего в ЗС входит Тюменская область вместе Ханты-Мансийским (ХМАО) и Ямало-Ненецким (ЯНАО) автономными округами. На долю Западной Сибири приходится 14,3 % территории (2454,1 тыс. км<sup>2</sup>) и 10 % населения РФ [Регионы..., 2022]. Для территории характерна крайне неравномерная освоенность и низкая средняя плотность населения (см. рис. 1, б). ЗС является важным экономическим регионом страны, где сосредоточено 43,8 % российской добычи полезных ископаемых, важнейшими из которых являются уголь, нефть, газ. При этом нефтегазодобывающие предприятия расположены в северной и центральной частях ЗС, а площади развития сельского хозяйства в северных (оленоводство) и южных районах (земледелие). Юг изучаемой территории является житницей Сибири, производство сельскохозяйственной продукции здесь составляет 9,7 % объема РФ [Регионы..., 2022]. С позиций геосистемного подхода на разных иерархических уровнях ЗС рассматривалась в работе Б.А. Краснояровой и соавт. [2016].

Развитие поверхности огромной по площади Западной Сибири определяется контрастными ландшафтно-климатическими условиями и сложным геологическим строением [Четвертичная геология..., 1962; Процессы..., 1987; Рельеф..., 1988; Воскресенский, 2001].

Основная часть ЗС расположена в пределах одноименной равнинной физико-географической страны с хорошо выраженной широтной зональностью природных условий. На юге к равнине примыкают горы Алтае-Саянской горной страны. Литосферный класс природных процессов представлен экзогенным и эндогенным типами.

На Западно-Сибирской равнине верхняя часть геологического разреза сложена осадками без жестких связей, современное состояние которых суще-

ственно различается для разных районов, преобладающее значение имеют экзогенные процессы, развитие которых в первую очередь определяется зональным соотношением теплообеспеченности и увлажненности территории. Здесь проявлены практически все физико-географические зоны (области) (от тундры до сухой степи) на равнине и высотные пояса в горах (см. рис. 1, а, табл. 2). Комплексы опасных экзогенных процессов закономерно изменяются в меридиональном направлении – с севера на юг.

Таблица 2  
**Распространение опасных природных процессов литосферного класса в Западной Сибири**  
 [Инженерная..., 1990; Атлас..., 2005; Платонова, 2008; СП14.13330.2018]

Table 2

**Distribution of hazardous processes of the lithospheric class in Western Siberia**  
 [Engineering..., 1990; Atlas ..., 2005; Platonova, 2008; Standards SP 14.13330.2018]

Физико-географические подразделения		Ведущий тип ОПП	Ведущий подтип: виды ОПП (степень опасности*)
Страна	Область: подобласть (индекс)		
Западно-Сибирская	Тундровая (I)	Экзогенный	Криогенный и посткриогенный: солифлюкция, оползни-оплывины, сезонные и многолетние бугры пучения (О, УО). Склоновый: оползни (до УО). Эоловый: дефляция и накопление эоловых песков (высокая). Эрозионный: термоовраги (УО, О)
	Лесо-тундровая (II)	Экзогенный	Криогенный и посткриогенный: солифлюкция, оползни-оплывины, сезонные и многолетние бугры пучения (УО, О)
	Лесная (III): с мерзлотно-таежными ландшафтами (III а)	Экзогенный	Криогенный и посткриогенный: термокарст, заболачивание (УО). Склоновые: оползни (УО)
	Лесная (III): с таежными ландшафтами (III б)	Экзогенный	Криогенный и посткриогенный: заболачивание, формирование торфяников (до УО). Склоновый: оползни (до ЧО и О – в городах). Гипергенного литогенеза: просадки (МО)
	Лесостепная (IV)	Экзогенный	Склоновый: оползни (УО, вдоль рек О). Гипергенного литогенеза: просадки (УО, О). Эрозионный: овраги (УО, О)
	Степная (V)	Экзогенный	Эоловый: дефляция (высокая). Гипергенного литогенеза: вторичное засоление грунтов (до высокой), просадки (УО, О). Эрозионный: овраги (до УО)
Алтае-Саянская	Алтайская горная (VI): низкогорная (VI а)	Эндогенный	Землетрясения (7–9 баллов) (УО, О, ВО)
		Экзогенный	Склоновый: обвалы (О), лавины, сели, оползни (О)
	Алтайская горная (VI): средне-высокогорная (VI б)	Эндогенный	Землетрясения (8–9 баллов) (О, ВО). Сейсмодислокации – разрывы в массивах горных пород, сейсмогенные оползни и обвалы
		Экзогенный	Криогенный: курумы, термокарст, бугры пучения (О – локально). Склоновый: обвалы, лавины, сели (О); оползни (О)
Кузнецко-Салаирская горная (VII)	Экзогенный	Склоновый: обвалы (УО), оползни, (УО)	

Примечание. Степень опасности природных процессов: ЧО – чрезвычайно опасная, ВО – весьма опасная, О – опасная, УО – умеренно опасная, МО – мало опасная.

Note. Hazard levels of hazardous processes of the lithospheric class: ЧО – extremely hazardous, ВО – highly hazardous, О – hazardous, УО – moderately hazardous, МО – low-hazardous.

*Развитие опасных процессов литосферного класса в Западной Сибири.*

На севере Западной Сибири (от побережья Карского моря примерно до границы Сибирских Увалов)

условия распространения многолетнемерзлых пород и избыточного увлажнения грунтов определили повсеместное развитие криогенных и посткриогенных процессов.

Степень пораженности названными процессами с учетом интенсивности их проявления на поверхности большей части тундры (I) (см. рис. 1, *b*) и в соответствии с табл. 1 определяется как опасная (пораженность площади более 50 %), а в юго-западных районах тундры на левобережье Обской губы и лесо-тундровой области (II) – умеренно опасная (пораженность площади 30–50 %). Широко развиты имеют солифлюкция, оползни-оплывины, сезонные и многолетние бугры пучения и другие криогенные процессы.

Южнее, в пределах лесной подобласти с мерзлотно-таежными ландшафтами (III *a*), интенсивность этого подтипа процессов также достаточно высокая (умеренно опасная), но характер их проявления изменяется. Здесь достаточно активен термокарст, приводящий к увеличению понижений и озер различной формы и глубины. В пределах лесной области с таежными ландшафтами (III *b*) на первое место выступают процессы заболачивания и формирования торфяников (умеренно опасная).

В южной части Западной Сибири площадное развитие имеют процессы гипергенного литогенеза (просадки и вторичное засоление грунтов). Просадки широко встречаются в лёссовидах (здесь и далее под лёссовидами понимаются лёссы и лёссовидные отложения с соответствии с [Методическое пособие..., 2005; Астахов и др., 2021]). Эти отложения распространены южнее 62° с. ш. (г. Ханты-Мансийск) до границы гор Алтая и отличаются по степени опасности для таежных (III *b*), лесостепных (IV) и степных (V) ландшафтов. Просадочные деформации имеют условно зональный характер, так как накопление лёссовидов происходило не только (и не столько) в голоцене, но и в ледниковые эпохи плейстоцена. Просадки относятся к I и II типу и классифицируются как: опасные (60–70 % пораженности территории с величиной просадок до 50 см при природном давлении), умеренно опасные (50–60 %, до 20–30 см), малоопасные (2–10 %, 30–40 см), незначительно опасные (2–10%, менее до 20–30 см).

Эоловые процессы (выдувание и формирование новых подвижных форм рельефа) оказывают большое влияние на формирование современной поверхности в северных тундровых и южных степных районах Западной Сибири. Интенсивность их проявления оценивается как «высокая» [Инженерная..., 1990].

Овраги активно развиваются на крайнем севере в тундровой области (термоовражная эрозия) и крайнем юге в лесостепной зоне предгорий Алтае-Саянской горной области (овражная эрозия). По степени овражной опасности по соотношению показателей плотности (ед./км<sup>2</sup>) / густоты (км/км<sup>2</sup>) территории подразделяются на «опасные» (плотность оврагов

2,1–5,0 ед./км<sup>2</sup>, густота овражной сети 0,51–1,3 км<sup>2</sup>), «умеренно опасные» (соответственно, 0,5–2,1 ед./км<sup>2</sup>, 0,11–0,51 км/км<sup>2</sup>), «мало опасные» (менее 0,5 ед./км<sup>2</sup>, менее 0,1 км/км<sup>2</sup>).

Оползневые деформации развиты вдоль крутых берегов Оби и её крупных притоков, сложенных лёссовидами (например, в полосе от г. Ханты-Мансийска до г. Октябрьского). Степень опасности в районах их площадного развития характеризуется как «умеренно опасная» (< 10 % пораженности площади).

Эндогенные процессы в пределах ЗС проявлены в виде новейших тектонических движений, определивших дифференциацию территории ЗС на равнинные (северные и центральные части) и горные районы (на крайнем юге), что во многом определило для них разную интенсивность эрозионных и склоновых процессов и опасность их проявления.

Геосистема Западной Сибири на федеральном уровне имеет все черты «природной». Антропогенная нагрузка определяется очень низкой средней (6 чел./км<sup>2</sup>), неравномерной плотностью населения и «точечным» характером промышленно-урбанистического типа природопользования, обусловленного воздействием городов и предприятий нефте-газодобывающей промышленности, которые в площадном аспекте практически не оказывают влияния на общие особенности распространения опасных «природных процессов» литосферного класса.

**Региональный уровень – Алтайский край.** Алтайский край (АК) расположен на юге Западной Сибири. Площадь – 168,0 тыс. км<sup>2</sup>, численность населения 2 268,2 тыс. чел. (то и другое определяют 4-е место среди субъектов РФ в Сибирском федеральном округе). Край является лидером в Западной Сибири по производству сельскохозяйственной продукции (241,6 млрд. руб./ год [Регионы..., 2022]). В городах региона сосредоточены промышленные предприятия, но на долю горнодобывающей промышленности приходится небольшой объем (13,0 млрд руб., 5-е место в ЗС).

Природные условия АК определяются положением его на юго-востоке Западно-Сибирской равнины на стыке с горными сооружениями Алтае-Саянской горной страны. Близость горных сооружений и протекающая через территорию АК крупная река Обь оказали влияние на особенности рельефа и изменчивость литологического состава поверхности. Обь образует широкую (до 90 км) долину с асимметричным строением: с высоким (до 100–150 м), крутым левым берегом и террасированным правым, включающая пойму и пять надпойменных террас. Поверхность высоких (IV и V) обских террас сложена преимущественно лёссовидами. Остальные элементы речной долины существенно песчаные. По обе

стороны от долины Оби расположены волнистые плато (Приобское – на левом берегу, Бийско-Чумышская возвышенность – на правом), верхняя часть геологического разреза которых также сложена лёссовидами и значительно эродирована (рис. 2).

Приобское плато расчленено сквозными параллельными ложбинами древнего стока, ориентированными с юго-запада на северо-восток, в которые вложены современные реки – левые притоки Оби. Ширина отдельных ложбин 10–20 км, глубина – 50–100 м. Приобское плато и Бие-Чумышская возвышенность ограничены, соответственно, Предальтайской и Предсалаирской предгорными цокольными равнинами. На востоке равнинной части Алтайского края находится Кулундинская равнина – плоская аллювиально-озерная, существенно «песчаная» по составу.

В пределах горных районов выделяются группы низко-, средневысокогорных хребтов Алтайской горной области (северная часть гор Алтая) и низкогорий Кузнецко-Салаирской горной области (Салаирский кряж или Салаир, его западный макросклон) и Томь-Колыванской складчатой зоны (Каменское поднятие). Для северной части Алтая характерно сочетание сравнительно невысоких, редко превышающих 2000 м над уровнем моря, горных хребтов. Здесь четко прослеживается ярусность рельефа. Густота эрозионного расчленения на Алтае очень велика (расстояния между тальвегами обычно меньше 400–600 м). Глубина расчленения, наоборот, обычно не столь значительна (150–800 м). Салаир и Каменское поднятие, расположенные, соответственно, на востоке и севере края, характеризуются относительно невысокими высотными отметками (400–500 м) и холмисто-увалистым эрозионным рельефом.

Положение на границе гор и равнины и конфигурация этой границы оказали влияние на то, что смена условий тепло- и влагообеспеченности на региональном уровне изменяется не в меридиональном направлении (как для Западной Сибири), а в широтном. С запада на восток увеличивается влажность от 150–200 до 450–600 мм/год [Атлас..., 1978], определяя смену в этом же направлении степных (подзоны сухой степи, засушливой степи, нормальной степи) и лесостепных ландшафтов. При этом зачастую их границы близки к границам геоморфологических районов. В горных районах Алтая и Салаира районах наряду со степными и лесостепными широко представлены таежные ландшафты.

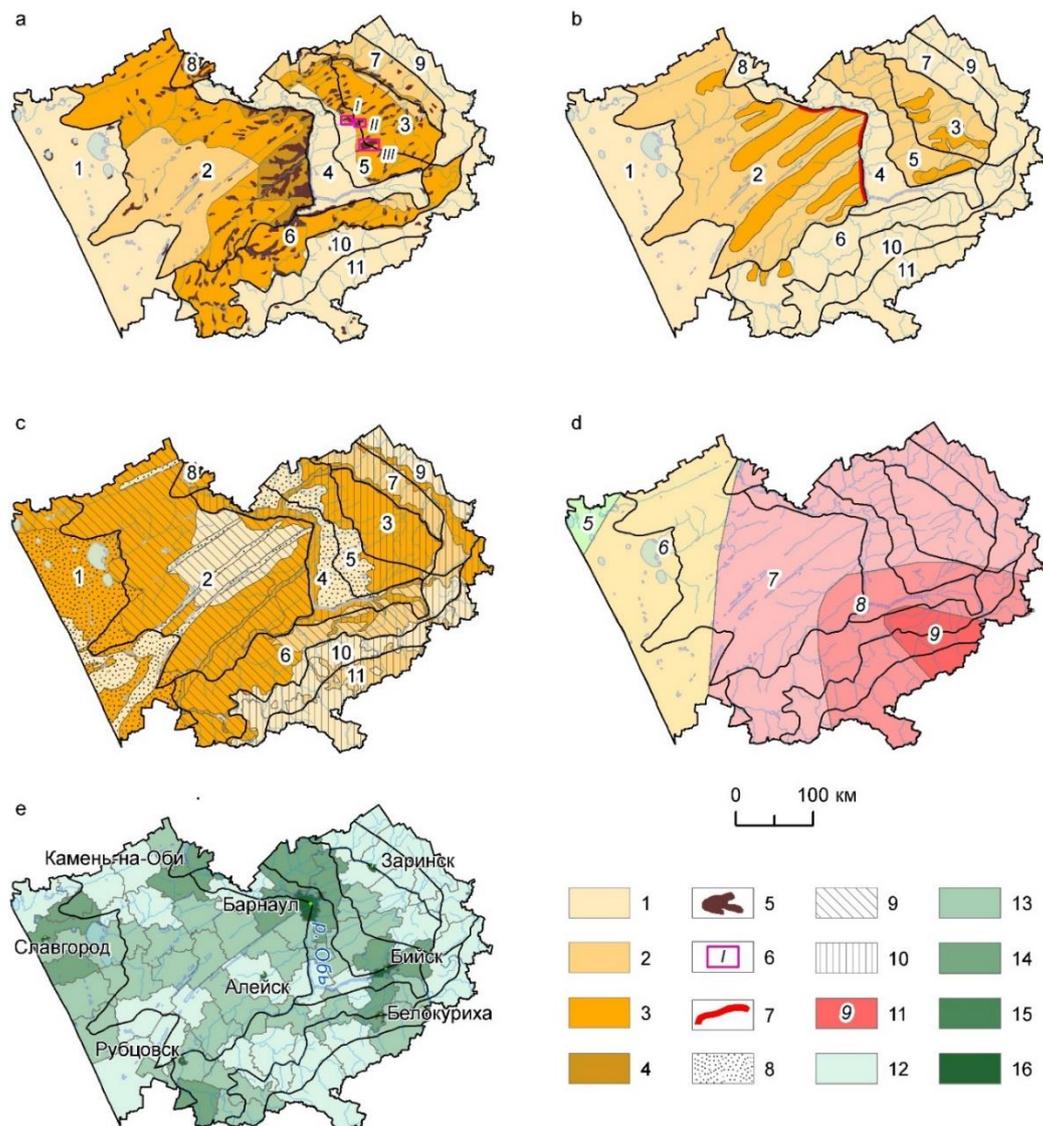
*Развитие опасных процессов литосферного класса в Алтайском крае.* Особенности распространения природных процессов на территории Алтайского края, их интенсивность, набор видов, степень опасности отличаются для разных геоморфологических районов (табл. 3).

Эрозионные процессы (овражная эрозия) имеют значительную пространственную дифференциацию, а отдельные овражные системы отличаются по генезису. Наиболее сильной овражной эрозией подвержены сложенные лёссовидами поверхности Приобского плато, Бие-Чумышской возвышенности, Предальтайской равнины и высоких (IV–V) террас реки Оби (см. рис. 2, а).

Пораженность оврагами поверхности *Приобского плато и Предальтайской равнины* составляет 10–30 % (здесь и далее по [Атлас..., 1978; Руслые процессы..., 1996; Информационный... 2021, 2022; Состояние..., 2018, 2020]), что соотносится с «умеренно опасной» категорией [СП 115.13330.2016]. Самые высокие значения густоты и плотности оврагов (3–5 км/км<sup>2</sup> и более 10 ед./км<sup>2</sup> соответственно) отмечены на субмеридиональном отрезке (шириной 5–7 км) левобережья Оби (от Барнаула на юг) на востоке Приобского плато. Особенно в устьевых частях долин крупных левых притоков Оби – Алея и Чарыша, где пораженность оврагами достигает 25–30 % и более. Большая густота и плотность овражно-балочного расчленения обусловлены близостью местного базиса эрозии – Оби и связана с процессами суффозии, оползнеобразования. Значительную роль в развитии овражной эрозии на Приобском плато играет смещение Оби в западном направлении (влияние неотектоники), сопровождаемое подмывом левого берега.

*Бие-Чумышская возвышенность и высокие (IV–V) террасы Оби*, сложенные лёссовидами, обладают сходными уклонами поверхности и близки по показателям овражности. Но здесь широко развиты овраги антропогенного происхождения, которые приурочены к населенным пунктам и развитие которых находится в прямой зависимости от интенсивности хозяйственной деятельности человека [Трепетцов, 1972; Руслые процессы..., 1996; Путилин, 2002]. Большинство оврагов имеет водосборы, распаханые на 50–80 %. В целом глубина вреза оврагов на Бие-Чумышской возвышенности достигает 50 м, длина 3,5 км. Скорость роста вершин некоторых форм в северо-западной части территории составляла 10–15 м/год [Путилин, 2002]. Категория опасности овражной эрозии Бие-Чумышской возвышенности и высоких (IV–V) террас Оби по степени овражности (в соответствии с [СП 115.13330.2016]) определяется как «умеренно опасная» (площадная пораженность 10–15 %).

При этом на некоторых локальных участках в пределах Бие-Чумышской возвышенности опасность оврагообразования значительно выше (от «опасной» до «чрезвычайно опасной») и представляет угрозу для конкретных инженерных сооружений и населенных пунктов.



**Рис. 2. Распространение опасных процессов литосферного класса на региональном уровне в Алтайском крае (с использованием материалов [Атлас..., 1978])**

*Геоморфологические районы:* Кулундинская равнина (1), Приобское плато (2), Бие-Чумышская возвышенность (3); террасы Оби: I–III (4), IV–V (5); предгорные равнины: Предалтайская (6) и Предсалаирская (7), Каменское поднятие (8), Салаирский кряж (9), горы Алтая: низкогорье (10), средне-высокогорье (11). *Степени опасности ОПП литосферного класса:* 1 – «неопасная» (и «малоопасная») (НО), 2 – «умеренно опасная» (УО), 3 – «опасная» (О), 4 – «высокоопасная» (ВО).

a. Овражная эрозия: 5 – водосборы, пораженные оврагами; 6 – районы высокой и чрезвычайной степени овражной опасности (I – с. Романово, II – с. Налобиха, III – с. Хайрюзовка). b. Просадочные и оползневые деформации: 7 – зоны линейного распространения оползней. c. Дефляция и плоскостная эрозия. Зоны преобладающих процессов: 8 – ветровой эрозии; 9 – ветровой и водной эрозии; 10 – водной эрозии. d. Сейсмичность. 11 – изосейсмные области землетрясений: интенсивность по шкале MSK-64. e. Плотность населения по муниципальным районам (чел. км<sup>2</sup>): 12 – менее 5,0; 13 – 5,1–10,0; 14 – 10,1–20,0; 15 – 20,1–150,0; 16 – более 150,0

**Fig. 2. Hazardous processes of the lithospheric class in the Altai region (regional level) [Atlas..., 1978]**

*Geomorphological elements (regions):* Kulunda Plain (1), Ob plateau (2), Biya-Chumysh elevation, (3); Ob terraces: I–III (4), IV–V (5); foothill plains: of the Altai mountains (6), of the Salair mountains (7); Kamensk plateau (8); Salair mountains (9); Altai mountains: low mountains (10), mid-high mountains (11). *Hazard levels of hazardous processes of the lithospheric class:* 1 – “low-hazardous”, 2 – “moderately hazardous”, 3 – “hazardous”, 4 – “highly hazardous”.

a. Gully erosion: 5 – drainage basins affected by ravines; 6 – areas of high and extreme ravine hazard (I – Romanovo, II – Nalobikha, III – Khairyuzovka). b. Subsidence of loess soils and landslides: 7 – linear distribution of landslides. c. Deflation and planar erosion. Areas of dominant processes: 8 – wind erosion; 9 – wind and water erosion; 10 – water erosion. d. Seismicity. 11 – isoseismal areas of earthquakes: intensity on the MSK-64 scale. e. Population density in municipal districts (persons/km<sup>2</sup>): 12 – <5.0; 13 – 5.1–10.0; 14 – 10.1–20.0; 15 – 20.1–150.0; 16 – >150.0.

Категории опасности ведущих природных процессов литосферного класса в Алтайском крае на региональном уровне [Атлас АК, 1978; Руслвые процессы..., 1996; Путили, 2002; Состояние..., 2018, 2020; Информационный бюллетень..., 2021, 2022]

Table 3

Categories of hazard of processes of the lithospheric class in the Altai region. Regional level [Atlas..., 1978; Channel processes on the rivers..., 1996; Putilin, 2002; State of the geological environment..., 2018, 2020; Information bulletin, 2021, 2022]

Геоморфологический район	Категории опасности ОПП (процент пораженной площади)*			
	Подтип (вид) ОПП			
	Эрозионный (овраги)	Эолово-эрозионный	Гипергенного литогенеза (просадки)	Склоновые (оползни)
Кулундинская равнина	НО (5–10 %)	О (>15%)	НО (<10 %)	НО (практически нет)
Приобское плато	УО (10–30 %); на востоке – О (25–30) и ЧО > 30 %)	О (>15 %); НО (2–5 %) – на севере	О (60–70 %) – на водоразделах	УО (<10 %) до ЧО (>50 %) и ВО (25–50 %) вдоль берега Оби
Бие-Чумышская возвышенность	УО (10–15 %); на склонах до О (>30 %)	О (>15 %)	О (60–70 %) – на водоразделах	УО (< 10%)
IV–V террасы Оби	УО (10–15 %)	О (> 5 %)	НО (<10 %)	НО (практически нет)
I–III террасы и пойма Оби	НО (5–10 %)	НО (<2 %)	НО (< 10 %)	НО (практически нет)
Предалтайская предгорная равнина	УО (10–30 %)	НО (2–5 %); О (>15 %) – на западе; УО (5–10 %) – на востоке	УО (50–60 %)	УО (< 10 %) до ВО (25–50 %)
Предсалаирская предгорная равнина	НО (5–10 %)	УО (5–10 %)	О (60–70 %)	УО (< 10 %) до О (10–25 %) до ВО (25–50 %)
Салаир, Каменское поднятие	НО (5–10 %)	О (>15 %)	О (60–70 %)	НО (практически нет)
Алтай низкогорье	НО (5–10 %)	УО (5–10%)	НО (<10 %)	УО (<10 %) до ВО (25–50 %)
Алтай средне-высокогорье	НО (5–10 %)	УО (5–10 %)	НО (<10 %)	УО (<10 %) до ЧО (>50 %)

*Примечание.* Степень опасности природных процессов: ЧО – чрезвычайно опасная, ВО – весьма опасная, О – опасная, УО – умеренно опасная, НО – неопасная (и малоопасная). Степень опасности для оврагов по [СП 115.13330.2016], для остальных процессов по [Атлас..., 2005]. Для эолово-дефляционных применен понижающий весовой коэффициент.

*Note.* Hazard levels of hazardous processes of the lithospheric class: ЧО – extremely hazardous, ВО – highly hazardous, О – hazardous, УО – moderately hazardous, МО – low-hazardous. Hazard levels for ravines is according to [SP 115.13330.2016], for other processes according to [Atlas..., 2005]. For aeolian-deflationary processes a decreasing weighting factor is applied.

Так, например, антропогенные овражно-балочные системы длиной до 3,2 км в долине р. Бобровки у села Романово (см. рис. 2, а, участок 1) угрожают разрушением железной дороги, а у с. Налобиха (участок 2) – автодороги. Сильно поражена овражной эрозией территория участка 3 площадью около 120 км<sup>2</sup>, расположенная между Большой Речкой и р. Белой (в районе с. Хайрюзовки).

Остальные территории считаются «не опасными» (5–10 % пораженности по [СП 115.13330.2016]). Кулундинская равнина характеризуется наименьшим эрозионным расчленением. Овраги и балки сравнительно небольших размеров (длиной от 30–40 м, редко до 300–500 м) приурочены в основном к террасам крупных озер. Их развитие стимулируется процессами озерной абразии. Низкие террасы (I–III)

и пойма долины Оби существенно песчаные по составу слагающих их грунтов, расчленены слабо. Поверхность Предсалаирской равнины и горные районы Алтая характеризуется сплошной задернованностью и высокой степенью залесенности. Здесь нередко в днищах долин вскрываются стойкие к размыву палеозойские породы. Поэтому современные эрозионные процессы протекают здесь замедленно. Для Салаира характерно полное отсутствие овражно-балочной сети. Это связано с тем, что его поверхность, хотя и имеет крутые склоны (до 30°), покрыта плотной дерниной и сплошь залесена. Кроме того, слагающие их плотные делювиальные суглинки имеют высокую противозрозионную устойчивость [Руслвые процессы..., 1996; Состояние..., 2018, 2020; Информационный бюллетень, 2021, 2022].

*Процессы гипергенного литогенеза (просадки)* связаны с площадным развитием лёссовидов и максимально представлены на Приобском плато и Бие-Чумышской возвышенности (см. рис. 2, *b*). Мощность просадочной толщи на юге Западной Сибири варьирует от 5–7 до 12 м. Просадочность I и II типа. Коэффициент просадочности лёссовидных пород Приобского плато в среднем (как для Барнаула) составляет от 0,05 до 0,10, для Бие-Чумышской возвышенности варьирует в интервале  $0,020 - \geq 0,066$  [Ивонин, 1984]. Просадочные формы представлены ложбинами – «степными блюдцами», воронками, рвами, колодцами, тоннелями. На водораздельных пространствах Приобского плато Бие-Чумышской возвышенности, а также на Предсалаирской равнине просадки классифицируются как опасные (60–70 % пораженности территории с величиной просадок до 50 см при природном давлении). На предгорной Предалтайской равнине и Каменском поднятии и Салаире – умеренно опасные (50–60 %, до 20–30 см). Верхние террасы Оби и Кулундинская равнина – неопасные (малоопасные) (менее 10 %, 30–40 см).

*Склоновые процессы.* Процессы гравитационной направленности (оползни совместно с обрушениями, обвалами и осыпями) прослеживаются как в пределах возвышенных береговых склонов Оби и ее крупных притоков речных долин, так и в горных и предгорных районах Алтайского края (рис. 2, *b*). Максимальная пораженность территории оползневыми деформациями отмечена вдоль левого берега Оби на ее субмеридиональном отрезке (от с. Усть-Чарышская Пристань до Барнаула), на востоке Приобского плато. Оползни проявляются совместно с процессами суффозии, оврагообразования. В площадном выражении проявление оползней характеризуется как умеренно опасное (< 10 % пораженности площади). Но если рассматривать более детально (на региональном и субрегиональном уровнях), то в пределах зон линейного распространения оползневых деформаций в долинах крупных рек и их притоков интенсивность проявления этого процесса достигает высоких показателей: до чрезвычайно опасных (> 50 %), весьма опасных (25–50 %), опасных (10–25 %). Для средне- и высокогорных районов Алтай опасность оползнеобразования может достигать степени «чрезвычайно опасная» (> 50 %).

*Эоловые процессы (дефляция) и водная плоскостная эрозия* на региональном уровне с учетом высокой степени сельскохозяйственной освоенности территории рассматриваются совместно. Особенности проявления современных процессов, включающих смыв, размыв почв и дефлекцию, также отличаются по геоморфологическим районам АК (рис. 2, *c*) с учетом их ландшафтной дифференциации. Меньше всего поражены водной плоскостной эрозией Кулундинская

равнина, а также центральная и западная части Приобского плато. Среднегодовое интенсивность смыва здесь не превышает  $3 \text{ м}^3/\text{га}$  в год [Атлас..., 1978; Русловые процессы, 1996]. Максимально процессы плоскостной эрозии развиты в северо-восточной части Приобского плато. Интенсивность смыва здесь в 5–10 раз выше, чем в среднем для всего плато. В предгорных районах доля эродированных земель значительно увеличивается. Наибольшие площади подверженных эрозии земель выделяются на Бие-Чумышской возвышенности и предгорьях Салаирского кряжа.

Основные массивы дефляционных пахотных земель находятся в пределах Кулундинской равнины (сухостепная подзона) и Приобского плато (подзоны засушливой степи и лесостепи). В соответствии с классификацией [Русловые процессы..., 1996] большая часть пашни отнесена к слабо дефляционной категории земель. Дефляционные процессы широко представлены на юго-западе Кулундинской равнины и вдоль ленточных боров Приобского плато. Дефляционно опасными являются пастбища с песчаными и супесчаными почвами, однако развитие дефляции на них может иметь место лишь при сильном изреживании растительного покрова, приуроченному, как правило, к местам повышенной концентрации скота – фермам, водопоям, скотопрогонам и т.п.

По степени опасности названных процессов в соответствии с [Атлас..., 1978] к категории «весьма опасная» с высокой интенсивностью проявления дефляционных процессов относятся склоны Салаирского кряжа, Бие-Чумышская возвышенность, основная часть Приобского плато, с юга ограниченной долиной Чарыша ( $10\text{--}15$  и более  $\text{м}^3/\text{га}$  в год), крайне западная часть Предалтайской равнины и Кулундинская равнина (более  $15 \text{ м}^3/\text{га}$  в год). Категория «опасная» ( $5\text{--}10 \text{ м}^3/\text{га}$  в год) характеризует земли Предсалаирской и восточной части Предалтайской равнины, а также частично склоны низкогорных хребтов, примыкающих к долине р. Катунь. «Умеренно опасная» категория ( $2\text{--}5 \text{ м}^3/\text{га}$  в год) – основная часть Предалтайской равнины и северная часть Приобского плато. «Не опасная» (менее  $2 \text{ м}^3/\text{га}$  в год) – долина Оби. Для сравнения: опасность для всех процессов приведена к одной шкале, поэтому для процессов плоскостной эрозии и дефляции был применен весовой коэффициент, понижающий степень опасности на одну позицию (например, «опасную» до «умеренно опасной») (рис. 2, *c*).

*Сейсмическая опасность* территории Алтайского края определяется интенсивностью возможных землетрясений от 5 до 9 баллов (ОСР-2015, карта В) (рис. 2, *d*) [СП14.13330.2018]. Основная часть сейсмоактивных зон расположена за пределами Алтайского края [Рогожин, Платонова, 2002].

Самым сильным за последние два десятилетия было Чуйское землетрясение 2003 г. (интенсивность 9 баллов и магнитуа 7,3) с эпицентром, расположенным примерно в 700 км от Барнаула, на юг. Землетрясение ощущалось в равнинных районах АК с интенсивностью 3–4,5 балла. Наиболее сильным сейсмическим толчком в инструментальный период наблюдений, эпицентр которого расположен непосредственно в пределах Алтайского края, было Каменское землетрясение 1965 г. интенсивностью 7 баллов на Каменском поднятии. Кроме того, сейсмическую активность проявляет фас Алтая – разлом широтного простирания, разделяющего горную и равнинную части. Современная сейсмичность фаса Алтая характеризуется достаточно большим количеством слабых и умеренных толчков с интенсивностью 3–5 баллов и магнитудой 2,5–4,2 (по данным оперативной обработки Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН).

Землетрясения опасны в регионе не столько своим прямым возможным воздействием, сколько тем, что провоцируют сходы оползней в лёссовидах вдоль берегов рек. Самый крупный оползень Барнаула «Обвал Туриной горы» объемом примерно 700 тыс. м<sup>3</sup>, произошедший в 1914 г. [Швецов, 2021], с большой вероятностью был спровоцирован небольшим землетрясением (3–4 балла) Каменской зоны, эпицентр которого расположен примерно в 100 км к северу от Барнаула. Иначе говоря, даже слабые землетрясения приводят к активизации оползневых процессов.

Пространственное распределение опасных природных процессов в Алтайском крае в значительной мере контролируется рельефом. В качестве единицы их анализа рассматривается геоморфологический район с учетом ландшафтной дифференциации. Для крайне западных районов наибольшую опасность представляют процессы дефляции. В пределах Приобского плато, особенно при приближении к Оби отмечается не только высокая степень опасности процессов оползнеобразования, просадочности, оврагообразования, но очевидная их взаимосвязь, обусловившая синергетический эффект их проявлений.

На региональном уровне – в Алтайском крае – показатель «плотность населения» рассматривается как условие функционирования геосистемы. Значения плотности населения для разных районов края слабо отличается (см. рис. 2, е). В целом геосистема Алтайского края характеризуется площадным характером сельскохозяйственного воздействия, поверхность которой имеет все черты «природно-хозяйственной системы», развивающая под воздействием «природных и природно-техногенных процессов».

**Субрегиональный уровень – город Барнаул.** Барнаул – административный и промышленный центр

Алтайского края площадью 322,01 км<sup>2</sup> [Генеральный план..., 2012] с населением 623 тыс. человек [Численность..., 2023]. Город расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в лесостепной зоне, на левом берегу р. Обь в устье ее притока Барнаулки. Основными геоморфологическими элементами территории (подрайонами) являются часть Приобского плато, вложенная в него террасированная долина р. Барнаулка и пойма реки Оби. Абсолютные отметки высот от 132–135 до 230–250 м. Долина Барнаулки включает широкую пойму и три надпойменные террасы. Климат континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет 433 мм [Барнаул..., 2007]. В пределах плато повсеместно развиты суффозионно-просадочные явления, в долинах водотоков всех порядков активно происходят эрозионные процессы, вдоль склонов – оползневые. Деятельность подземных и поверхностных вод приводит к развитию процессов затопления и подтопления [Государственный доклад..., 2021]. Изучением и мониторингом за процессами литосферного класса в г. Барнауле занимались в разные годы коллективы специализированных организаций («АлтайТИСИЗ, Гипрокоммунстрой (г. Москва), Оползневая станция, Лаборатория русловых процессов и др.). По их данным, в результате разрушающего воздействия комплекса ОПП под влиянием хозяйственной деятельности средняя скорость отступания бровки левого склона Оби оценивается в 0,2–0,5 м в год, достигая на отдельных участках значений 2–5 м в год [Осьмушкин, Швецов, 1999; Швецов, 2021].

*Развитие опасных процессов литосферного класса в Барнауле и типы геологической среды по устойчивости.* Отдельные виды процессов литосферного класса развиваются как взаимосвязанные и взаимообусловленные в пределах геоморфологического элемента (подрайона), образуя парагенетические ряды ОПП (табл. 4).

Анализ территории с учетом интенсивности проявления разных видов процессов позволил выделить в пределах города три основных типа геологической среды по степени устойчивости к воздействию ОПП: весьма неустойчивый (А), неустойчивый (Б), относительно устойчивый (В) (табл. 5, рис. 3).

*Весьма неустойчивый тип геологической среды (А)* включает три подтипа.

*Подтип А-1. Весьма неустойчивый тип с развитием более трех видов ОПП.* Зона максимального поражения ОПП сосредоточена в пределах Приобского плато и его склона. Характеризуется развитием ОПП I парагенетического ряда (ведущие процессы: просадки, оползни, овраги, подмыв берегов, суффозия). Для этой зоны характерна наибольшая техногенная нагрузка.

*Подтип А-2. Весьма неустойчивый тип среды с преимущественным развитием трех видов ОПП* определяется развитием природно-техногенных процессов I парагенетического ряда (оползни, овраги, подмыв берегов, суффозия). Это оползневая зона – высокоурбанизованная прибрежная полоса шириной 200 м, длиной 21,5 км левобережного склона Приобского плато, обращенного к Оби.

К ней примыкает полоса высокой поймы Оби (*подтип А-3*), в пределах которой проявлены трансформации, возникшие в результате русловых процессов р. Оби, характеризующиеся значительной естественной интенсивностью. К этому участку приурочено действие ОПП I (боковая эрозия) и IV парагенетических рядов (затопление, подтопление, подмыв берегов).

*Неустойчивый тип (Б)* геологической среды характерен для подавляющей части территории города, представлен тремя подтипами. Геологическая среда с устойчивостью, относимой к *подтипу Б-1* с проявлением ОПП II парагенетического ряда, подвержена процессам подтопления и просадочным деформациям разномасштабного площадного и точечного распространения. Подтоплению и затоплению – процессам IV парагенетического ряда – подвержены территории *подтипа Б-2* – поймы р. Барнаулки и ее притоков – реки Пивоварки, руч. Сухой лог. Проявление этих процессов отмечается в половодье и паводочный период и имеет линейно-площадное распространение. К *подтипу Б-3* отнесены участки геологической среды с развитой овражной сетью линейно-площадного характера в бассейне реки Пивоварки и склона Приобского плато на правом берегу р. Барнаулки.

Таблица 4

## Парагенетические ряды видов опасных процессов литосферного класса в Барнауле [Платонова, 2017]

Table 4

## Paragenetic series of hazardous processes of the lithospheric class. Barnaul [Platonova, 2017]

Обозначение парагенетического ряда ОПП	Описание ОПП	Типы трансформаций геологической среды
I	Эрозия: боковая русловая и линейная овражная, оползневые, суффозионные процессы	Локальные точечные, дискретные линейные
II	Подтопление и просадки (в том числе техногенные)	Разномасштабные площадные и точечные
III	Овражная эрозия, склоновые процессы	Линейные
IV	Подтопление и затопление	Линейные и линейно-площадные

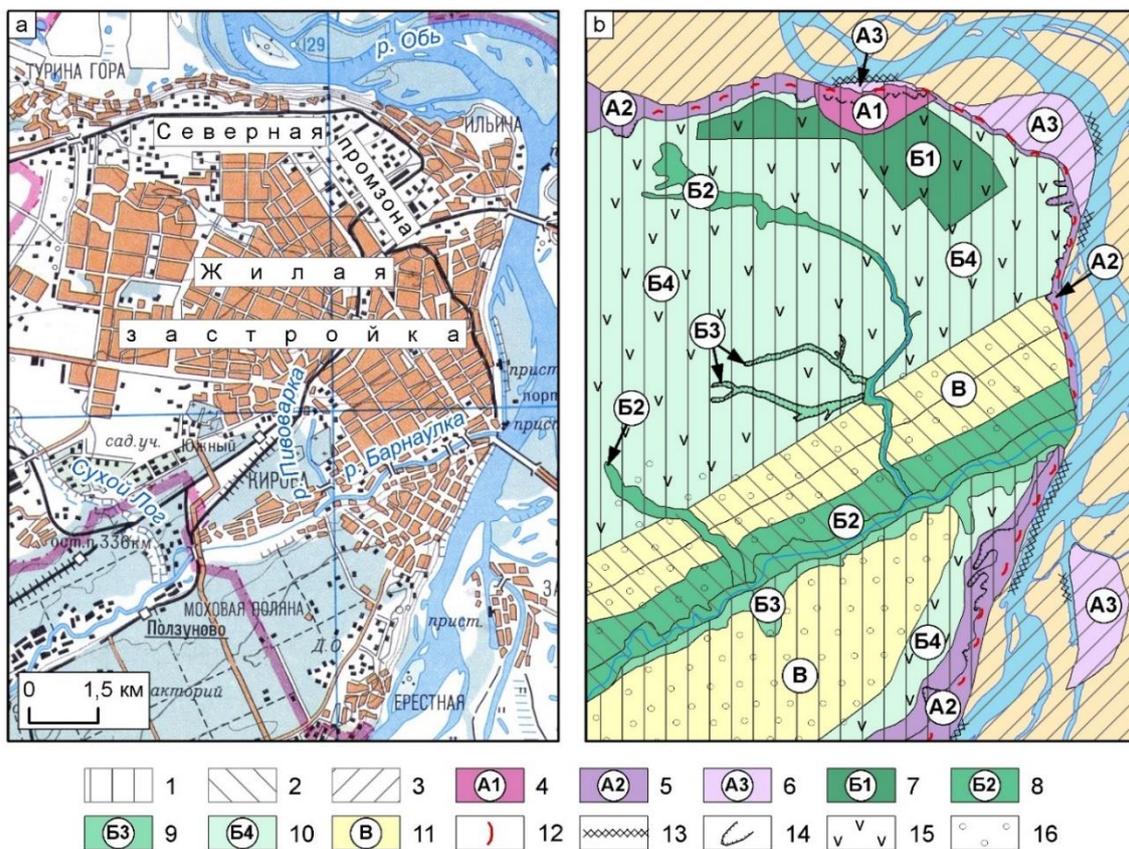
Таблица 5

## Типизация геологической среды территории Барнаула по проявлению ОПП литосферного класса [Platonova, 2014; Платонова, 2017]

Table 5

## Typification of the Barnaul geological environment according to resistance to hazardous processes of the lithospheric class [Platonova, 2014, 2017]

Тип (подтипы) геологической среды по устойчивости к ОПП		Геоморфологический подрайон	Парагенетический ряд ОПП
Характеристика	Индекс		
<i>Весьма неустойчивый</i> , с развитием более четырех видов ОПП	А-1	Приобское плато и его склоны в пределах Северной промзоны	I–II
<i>Весьма неустойчивый</i> , с развитием более трех видов ОПП	А-2	«Оползневая зона» – склоны Приобского плато	I
<i>Весьма неустойчивый</i> , с развитием трех видов ОПП	А-3	Пойма р. Оби	I, IV
<i>Неустойчивый</i> , с преимущественным развитием подтопления и просадки	Б-1	Приобское плато в пределах Северной промзоны	II
с преимущественным развитием подтопления и затопления	Б-2	пойма рек Барнаулки, Пивоварки, руч. Сухой лог	IV
с преимущественным развитием овражной эрозии	Б-3	склоны рек Пивоварка и Барнаулка	III
с преимущественным развитием просадки	Б-4	Приобское плато на левом берегу р. Барнаулки	II
<i>Относительно устойчивый</i>	В	Приобское плато на левом берегу р. Барнаулки, её высокие террасы	–



**Рис. 3. Типизация природной геологической среды по устойчивости к воздействию ОПШ литосферного класса на территории Барнаула (составлено на основе общегеографической (а) и инженерно-геологической карты (б) [Барнаул, 2007])**

а. Общегеографическая карта. б. Геоморфологические элементы (подрайоны): 1 – Приобское плато, 2 – долина р. Барнаулки, 3 – пойма Оби. Типы геологической среды по устойчивости: 4–11 (см. табл. 5). Опасные процессы литосферного класса: 12 – оползни, 13 – подмыв берегов (боковая эрозия), 14 – овраги, 15 – просадки; 16 – эоловые формы

**Fig. 3. Typification of geological environment by resistance to hazardous processes of the lithospheric class on the territory of Barnaul (based on the General geographical map (a) and engineering–geological map (b) [Barnaul, 2007])**

a. General geographical map. b. Geomorphological elements (subregions): 1 – Ob plateau, 2 – Barnaulka river terraces, 3 – Ob river floodplain. Types of geological environment by stability: 1–8 (see Table 5). Hazardous processes of the lithospheric class: 12 – landslides, 13 – lateral erosion, 14 – gullies, 15 – subsidences of loess soils; 16 – aeolian landforms

*Относительно устойчивый тип (B)* – проявлен локально в пределах Приобского плато и на высоких террасах р. Барнаулки. Развитию процессов просадок, характерных для лёссовых грунтов, здесь препятствуют перекрывающие их эоловые отложения, закрепленные сосновым бором (состояние до массовой вырубке этого бора).

В целом развитие геологической среды урбанизированной территории контролируется литологией и углами наклона поверхности в условиях постоянного концентрированного давления жилищного и промышленного секторов крупного города. Для геосистемы Барнаула характерен промышленно-урбанистический тип природопользования с площадным характером воздействия, поверхность

которого имеет все черты «природно-техногенной системы». На субрегиональном уровне процессы литосферного класса имеют все черты «природно-техногенных».

### Закключение

Геологическая среда, развивающаяся под воздействием природных и антропогенных групп факторов и условий, рассматривается в рамках геоэкологического подхода как динамичная геосистема, пространственными структурными элементами которой являются ареалы распространения опасных процессов литосферного класса. Природная группа факторов включает геоморфологические особенности (углы

наклона поверхности, густота эрозионного расчленения), литологический состав отложений, слагающих верхнюю часть геологического разреза, а также климатические условия (режим увлажнения, температура). Антропогенная группа факторов отражает характер территориальной структуры (точечный, линейный, площадной) и вид воздействия от хозяйственной деятельности (промышленно-урбанистический, сельскохозяйственный).

На основе анализа опубликованной литературы и авторских исследований представлена характеристика природных процессов литосферного класса для геосистемы Западной Сибири с позиций оценки степени опасности названных процессов на разных таксономических уровнях (федеральном, региональном и субрегиональном). В основе оценки опасности на федеральном и региональном уровне используются показатели площадной пораженности территории (для криогенных, склоновых и просадочных процессов), густоты и плотности распространения (для эрозионных процессов), интенсивности (для землетрясений). На субрегиональном уровне – показатель устойчивости геологической среды к проявлению опасных процессов. Для всех анализируемых уровней разработаны схемы, отражающие пространственные закономерности развития процессов литосферного класса.

Установлено, что на разных таксономических уровнях с учетом зональной изменчивости природных условий Западной Сибири направленность изменений комплексов процессов может варьировать от меридиональной (на федеральном уровне) до широтной (на региональном). Свойства геосистемы трансформируются от «природной» (федеральный уровень) до «природно-хозяйственной» (региональный) и «природно-техногенной» (субрегиональный уровень). На разных уровнях изменяются характеристики преобразующих ее поверхность процессов, соответственно, от «природных» до «природных и природно-техногенных» до «природно-техногенных». При оценке степени опасности процессов литосферного класса с учетом уровня геосистемы могут изменяться операционные единицы анализа – элементы структуры (зональная физико-географическая область, геоморфологический район, геоморфологический подрайон) и уровень опасных процессов (типы – на федеральном, подтипы и виды – на региональном, виды и их парагенетические ряды – на субрегиональном уровнях).

**Федеральный уровень – Западная Сибирь.** Общую картину пространственной дифференциации природных опасностей литосферного класса можно определить на уровне типов процессов: экзогенных и эндогенных.

В условиях равнинной части Западной Сибири, где верхняя часть геологического разреза сложена осадками без жестких связей, современное состояние которых существенно различается для разных районов исследуемой территории, преобладающее значение имеют экзогенные процессы, развитие которых в первую очередь определяется зональным соотношением теплообеспеченности и увлажненности территории. Комплексы опасных экзогенных процессов закономерно изменяются в меридиональном направлении – с севера на юг. Главное влияние эндогенных процессов проявляется в дифференциации поверхности на равнинные и горные районы, отличающиеся по интенсивности развития и степени опасности эрозионных и склоновых процессов.

Структурные элементы геосистемы – ареалы распространения ОПП – на большей части Западной Сибири находятся в границах природных зональных физико-географических областей (подобластей). Например, в тундре наиболее широко представлены криогенные и посткриогенные процессы (солифлюкция, оползни-оплывины, сезонные и многолетние бугры пучения), характеризующиеся как опасные и умеренно опасные.

Очень низкая средняя (6 чел./км<sup>2</sup>) и пространственно неравномерная плотность населения в масштабе всей Западной Сибири, а также «точечный» характер воздействия городов и предприятий нефте-газодобывающей промышленности промышленно-урбанистического типа в площадном аспекте практически не оказывают влияния на особенности распространения опасных природных процессов литосферного класса. Поэтому на федеральном уровне геологическая среда проявляется себя как «природная» геосистема, развитие которой происходит под воздействием «природных» опасных процессов литосферного класса.

**Региональный уровень – Алтайский край.** На региональном уровне картина распространения ОПП становится более сложной. Общую картину природных опасностей литосферного класса можно определить на уровне ведущих подтипов и видов экзогенного типа. Природные условия на стыке равнины и горных сооружений предопределили пространственную изменчивость разных подтипов и комплексов видов экзогенных процессов в широтном направлении – с запада на восток. Развитие ОПП определяется здесь не только изменяющимися условиями температуры и увлажнения, но и приуроченностью к геоморфологическим районам, отличающимся по углам наклона поверхности, степени эрозионного расчленения, литологическому составу подстилающих пород. Поэтому структурными элементами региональной геосистемы АК являются геоморфологические районы, определяющие специфику и набор видов экзогенных процессов.

Опасные природные процессы в Алтайском крае представлены комплексами, резко отличающиеся для предгорных равнинных степных и лесостепных ландшафтов и для горных районов. Среди ОПП в пределах равнинной и предгорной части широко развиты склоновые (оползни, обвалы, лавины, сели), эрозионные (овраги), эоловые (дефляция) подтипы, а также подтипы гипергенного литогенеза (процессы суффозионно-просадочные и вторичного засоления грунтов). Проявление эндогенных процессов определяет сейсмическую опасность территории Алтайского края от 5 до 9 баллов. При этом землетрясения опасны в регионе не столько своим прямым возможным воздействием, сколько тем, что даже слабые сейсмические толчки активизируют развитие эрозионных и оползневых процессов в лёссовидах, особенно вдоль берегов крупных рек.

АК отличает относительно высокая плотность населения (12,7 чел./км<sup>2</sup>) и населенных пунктов, площадной характер воздействия сельскохозяйственного типа. Геосистема регионального уровня имеет все черты «природно-хозяйственной системы», а комплексы процессов, формирующих ее поверхность, определяются как «природные и природно-техногенные».

**Субрегиональный уровень – город Барнаул.** Выбранный объект исследования субрегионального уровня – урбанизированная территория крупного го-

рода – административного центра субъекта РФ. Ведущим структурным элементом, определяющим тип геологической среды Барнаула на фоне климатических условиях лесостепи и интенсивной деятельности человека, является геоморфологический подрайон с относительно однородным литологическим составом, обуславливающим одинаковый механизм протекания опасных процессов литосферного класса.

Для города характерен промышленно-урбанистический тип природопользования с площадным характером воздействия, геосистема которого имеет качества «природно-техногенной системы». Развитие геологической среды урбанизированных территорий происходит под влиянием парагенетических рядов экзогенных процессов, которые с учетом воздействия/контроля инженерного обеспечения современного города развиваются как опасные «природно-техногенные процессы».

Представленные результаты, выполненные с применением геоэкологического подхода на примере процессов литосферного класса для крупного региона России, ориентированы на выявление причинно-следственных связей проявления опасных процессов на разных таксономических уровнях и могут быть использованы при принятии управленческих решений для их пространственного и временного прогноза.

#### Список источников

- Анимца Е.Г.** Пространственная организация общества: постановка проблемы и концептуальные установки // Известия УрГЭУ. 2007. № 2 (19). С. 82–85.
- Астахов В.И., Пестова Л.Е., Шкатова В.К.** Лёссовиды Российской Федерации: распространение и возраст // Региональная геология и металлогения. 2021. № 87. С. 42–60.
- Атлас Алтайского края.** Москва ; Барнаул : Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. 1978. Т. 1. 222 с.
- Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под общ. ред. С. К. Шойгу.** М. : ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. 269 с.
- Барнаул:** научно-справочный атлас. 2-е изд. Новосибирск : Инжгеодезия, 2007. 111 с.
- Басаликас А.Б.** Отображение социально-экономических и природных факторов в функционально направленной антропогенизации ландшафтов (на примере Литвы) // Известия АН СССР. Сер. Геогр. 1977. № 1. С.108–115.
- Воскресенский К.С.** Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России / науч. ред. и предисл. проф. Ю.Г. Симонова. М. : Изд-во географического факультета МГУ, 2001. 262 с.
- Воскресенский С.С., Леонтьев О.К., Спиридонов А.И., Ульянова Н.С.** Геоморфологическое районирование СССР. М. : Высшая школа, 1980. 343 с.
- Генеральный план городского округа – города Барнаула Алтайского края //** Официальный сайт г. Барнаула. URL: [http://barnaul.org/strategy/proektgenplana\\_07\\_10\\_09](http://barnaul.org/strategy/proektgenplana_07_10_09) (дата обращения: 15.12.2023).
- Голубев Г.Н.** Геоэкология : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М. : Изд-во ГЕОС, 1999. 338 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2020 году».** Барнаул, 2021. 192 с. URL: <https://cloud.mail.ru/public/LmwY/Rcp553cC9> (дата обращения: 15.12.2023).
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации.** СПб., 2017. 106 с. URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (дата обращения: 16.10.2023).
- Дьяконов К.Н.** Становление концепции геотехнической системы // Вопросы географии. 1978. Сб. 108. С. 54–63.
- Ивонин В.М.** Условия оврагообразования в просадочных лёссовидных породах // Геоморфология. 1984. № 3. С. 59–65.
- Инженерная геология СССР.** Западно-Сибирская и Туранская плиты : В 2 кн. Кн. 1: Западно-Сибирская низменность / Герасимова А.С., Ершова С.Б., Захаров Ю.Ф. и др. М. : Недра. 1990. 330 с.
- Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2020 году.** Вып. 44. М. : ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021. 380 с. URL: <https://specgeo.ru/upload/iblock/c58/caebcqr40vtpkqremowf9zognpuv7nf.pdf> (дата обращения: 16.10.2023).

**Информационный** бюллетень о состоянии недр территории Сибирского федерального округа в 2021 г. Филиал «СРЦ ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология». Вып. 18, кн. 2. Томск, 2022. 186 с. URL: <https://sfo.geomonitoring.ru/products/information/bul2021.pdf> (дата обращения: 16.10.2023).

**Исаченко А.Г.** Экологическая география России. СПб. : Издательский дом СПбГУ. 2001. 328 с.

**Котельников А.М.** Географическое обеспечение управления природопользованием в регионе. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. 248 с.

**Кочуров Б.П.** Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск, 1997. 153 с.

**Красноярова Б.А., Платонова С.Г., Шарабарина С.Н., Скрипко В.В., Архипова И.В.** Природно-хозяйственные системы Западной Сибири: особенности современной пространственной организации и функционирования на разных иерархических уровнях // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 4 (43). С. 5–18.

**Кузьмин С.Б.** Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск : Изд-во «ГЕО», 2009. 195 с.

**Кузьмин С.Б.** Геоэкологическое районирование Сибири по опасным геоморфологическим процессам // Проблемы анализа риска. 2016. Т. 13. № 3. С. 34–47.

**Методическое** пособие по составлению мелкомасштабных карт четвертичных образований к Госгеокарте-1000/3 / под ред. Е.А. Мининой, В.В. Старченко. СПб. : ВСЕГЕИ, 2005. 190 с.

**Михайлов Н.И.** Физико-географическое районирование. М. : Изд-во МГУ, 1985. 184 с.

**Опасные** природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2019. 806 с.

**Осипов В.И., Королёв В.А., Мамаев Ю.А., Рагозин А.Л.** Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф. М. : Знание, 1999. 672 с.

**Осьмушкин В.С., Швецов А.Я.** Опасные природно-техногенные процессы и геоэкологический мониторинг на территории г. Барнаула // Гуманизм и строительство на пороге третьего тысячелетия. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1999. С. 57–60.

**Платонова С.Г.** Геоэкологические ограничения регионального природопользования в Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 7 (45). С. 33–37.

**Платонова С.Г.** Типизация геологической среды Барнаула по распространению опасных геологических процессов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник статей : В 3 кн. Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2017. Кн. 2. С. 363–364.

**Постановление** Правительства РФ от 21.05.2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». URL: <https://base.garant.ru/12153609/> (дата обращения: 24.04.2023).

**Преображенский В.С.** Поиск в географии. М. : Просвещение, 1986. 223 с.

**Приказ** МЧС РФ от 25 октября 2004 г. № 484. Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/763> (дата обращения: 16.10.2023).

**Природные** опасности и общество. Тематический том / под ред. В.А. Владимировой, Ю.Л. Воробьева, В.И. Осипова. М. : Издательская фирма «КРУК», 2002. 248 с.

**Процессы** формирования рельефа Сибири / Флоренсов Н.А., Ивановский Л.Н., Уфимцев Г.Ф. и др. Новосибирск : Наука, 1987. 185 с.

**Пугилин А.Ф.** Эрозия почв в лесостепи Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во ИВЭП СО РАН, 2002. 184 с.

**Распоряжение** Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 19.05.2021 г. № 16-р «Об утверждении типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации» в целях исполнения Национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 г. № 3183-р // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. № 1. Ст. 115. URL: <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-19.05.2021-N-16-r/> (дата обращения: 09.12.2023).

**Регионы** России. Социально-экономические показатели. 2022 : стат. сб. / Росстат. М., 2022. 1122 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf) (дата обращения: 30.05.2023).

**Рельеф** Западно-Сибирской равнины / Земцов А.А., Мизеров Б.В., Николаев В.А. и др. Новосибирск : Наука, 1988. 192 с.

**Рогожин Е.А., Платонова С.Г.** Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М. : ОИФЗ РАН. 2002. 130 с.

**Русловые** процессы на реках Алтайского региона / под ред. проф. Р.С. Чалова. М. : Изд-во МГУ. 1996. 244 с.

**Состояние** геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2017 году. Информационный бюллетень. Вып. 14. Томск : Д-принт, 2018. 178 с. URL: <https://sfo.geomonitoring.ru/products/information/bul2017.pdf> (дата обращения: 16.10.2023).

**Состояние** геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2019 году. Информационный бюллетень. Вып. 16. Томск, 2020. 202 с. URL: <https://sfo.geomonitoring.ru/products/information/bul2019.pdf> (дата обращения: 16.10.2023).

**Сочава Б.В.** Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 319 с.

**СП 115.13330.2016.** Геофизика опасных природных воздействий. М. : Стандартинформ, 2016. 31 с. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17066/> (дата обращения: 16.10.2023).

**СП14.13330.2018.** Строительство в сейсмических районах. М. : Стандартинформ, 2018. 208 с. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067/> (дата обращения: 16.10.2023).

**Стурман В.И.** Геоэкология : учеб. пособие для вузов. 5-е изд., стер. СПб. : Лань, 2023. 228 с.

**Татаринцев С.А., Бармин А.Н., Валов М.В., Синцов А.В., Беляев Д.Ю., Бармина Е.А., Занозин В.В., Колчин Е.А.** Техногенные опасности аридных территорий: показатели, критерии, оценки, прогнозы. Астрахань : Сорокин Роман Васильевич, 2023. 164 с.

**Трепетцов Е.В.** Современные геологические процессы и явления в Алтайском крае и их инженерно-геологическая характеристика // Современные геологические процессы и строительство. М., 1972. Т. XVI. С. 241–258.

**Федеральный закон** от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера». URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5788> (дата обращения: 16.10.2023).

**Четвертичная** геология и геоморфология Сибири. Труды института геологии и геофизики. Выпуск 27. Четвертичная геология и геоморфология Сибири / ред. В.Н. Сакс. Новосибирск : СО РАН, 1962. 177 с.

**Численность** постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2023 года (с учётом итогов Всероссийской переписи населения 2020 г.). URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 17.05.2023).

**Швебс Г.И.** Концепция природно-хозяйственных территориальных систем и принципы рационального природопользования // География и природные ресурсы. 1987. № 24. С. 30–38.

**Швецов А.Я.** Лёссы Алтая. Барнаул : Новый формат, 2021. 152 с.

**Glade T., Anderson M.G., Crozier M.J.** (ed.). *Landslide hazard and risk*. Chichester: Wiley, 2005. V. 807. P. 1–40. doi: 10.1002/9780470012659

**Clague J.J., Roberts N.J.** *Landslide hazard and risk // Landslides*. Cambridge : Cambridge University Press, 2012. P. 1–9. doi: 10.1017/CBO9780511740367.002

**García-Soriano D., Quesada-Román A., Zamorano-Orozco J.J.** Geomorphological hazards susceptibility in high-density urban areas: A case study of Mexico City // *Journal of South American Earth Sciences*. 2020. V. 102. doi: 10.1016/j.jsames.2020.102667

**Hestnes E., Lied K.** Natural-hazard maps for land-use planning in Norway // *Journal of Glaciology*. 1980. V. 26, № 94. P. 331–343. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/naturalhazard-maps-for-landuse-planning-in-norway/B77F8896566DC0A719BA2D3817144263> (дата обращения: 16.10.2023).

**Naturkatastrophen** und Naturrisiken in der vorindustriellen Zeit und ihre Auswirkungen auf Siedlungen und Kulturlandschaft // Herausgegeben von Winfried Schenk and Andreas Dix für den Arbeitskreis für Kulturlandschaftsforschung in Mitteleuropa ARKUM e. V. SELBSTVERLAG ARKUM e. V. BONN 2005. 480 p.

**Platonova S.G.** Modern morphogenesis of urban area (Barnaul city as a case study) // *The Social Transformation of the Cities and Regions in the Post-communist Countries*. Poznan : Wydawnictwo Naukowe, 2014. P. 185–192.

**Spooner I. et al.** Slope Failure Hazard in the Atlantic Provinces: A Review // *Atlantic Geology*. 2013. V. 49. P. 1–14. doi: 10.4138/atgeol.2013.001. URL: <https://id.erudit.org/iderudit/1062306ar> (дата обращения: 16.10.2023).

## References

Animitsa E.G. *Prostranstvennaya organizatsiya obshchestva: postanovka problemy i kontseptual'nye ustanovki* [Spatial organization of society: problem statement and conceptual guidelines]. *Izvestiya UrGEU – Bulletin of the Ural State University of Economics* 2007 (2). pp. 82–85. In Russian

Astakhov V.I., Pestova L.E., Shkatova V.K. *Lessoidy Rossiyskoy Federatsii: rasprostraneniye i vozrast* [Loessoids of the Russian Federation: distribution and age]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya – Regional geology and metallogeny*. 2021 (87). pp. 42–60. In Russian

*Atlas Altayskogo kraya* [Atlas of Altai region]. Moscow-Barnaul: Publishing House MDGC. 1978. V. 1. 222 p. In Russian

*Atlas prirodnykh i tekhnogennykh opasnostey i riskov chrezvychaynykh situatsiy v Rossiyskoy federatsii* [Atlas of natural and anthropogenic hazards and risks of extreme situations in the Russian Federation] / pod obshchey red. S. K. Shoygu. Moscow: IPC «Design. Information. Cartography». 2005. 269 p. In Russian

*Barnaul: nauchno-spravochnyy atlas* [Barnaul. Scientific reference atlas]. Novosibirsk: Publishing House “FSUE of Roskartographia”. 2007. 111 p. In Russian

Basalikas A.B. *Otobrazheniye sotsial'no-ekonomicheskikh i prirodnykh faktorov v funktsional'no napravlennoy antropogenizatsii landshaftov (na primere Litvy)* [Reflection of socio-economic and natural factors in functionally-oriented antropogenization of landscape (using an example of Lithuania)] *Proceeding of the USSR Academy of SCI., Ser. Geogr. 1*. pp. 108–115. In Russian

Voskresenskiy K.S. *Sovremennyye rel'efoobrazuyushchie protsessy na ravninakh Severa Rossii* [Modern relief-forming processes on the plains of the North of Russia]. Moscow: Publishing house of the geographical faculty of Moscow State University. 2001. 262 p. In Russian

Voskresenskiy S.S., Leont'ev O.K., Spiridonov A.I., Ul'yanova N.S. *Geomorfologicheskoe rayonirovaniye SSSR* [Geomorphic Zonation of the Soviet Union]. Moscow: Higher School Publ. 1980. 343 p. In Russian

*General'nyy plan gorodskogo okruga – goroda Barnaula Altayskogo kraya* [General plan of the urban district – the city of Barnaul, Altai Territory] [Electronic resource]: Official website of Barnaul. 2009. URL: [http://barnaul.org/strategy/proektgenplana\\_07\\_10\\_09](http://barnaul.org/strategy/proektgenplana_07_10_09) (Data of accessed: 15.12.2023). In Russian

Golubev G.N. *Geoekologiya. Uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy* [Geoecology. University textbook]. Moscow: Publishing House GEOS. 1999. 338 p. In Russian

*Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy v Altayskom krae v 2020 godu»* [State report “On the state and protection of the environment in the Altai Territory in 2020”] [Electronic resource]: Barnaul. 2021. 192 p. URL: [https://minprirody.alregn.ru/doklady/eko\\_doklady/](https://minprirody.alregn.ru/doklady/eko_doklady/) (Data of accessed: 15.12.2023). In Russian

*Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Report on climate risks in the Russian Federation] [Electronic resource]: Saint Petersburg. 2017. 106 p. URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian

Dyakonov K.N. *Stanovleniye kontseptsii geotekhnicheskoy sistemy* [Formation of the geotechnical system concept]. *Voprosy geografii – Geography questions*. 1978. V. 108. pp. 54–63. In Russian

Ivonin V.M. *Usloviya ovragoobrazovaniya v prosadochnykh lessovidnykh porodakh* [Conditions of gully formation in loess-like deposits liable to subsidence]. *Geomorfologiya – Geomorphology*. 1984 (3). pp. 59–65. In Russian

*Inzhenernaya geologiya SSSR. Zapadno-Sibirskaya i Turanskaya plity. V 2-kh kn. Kn. 1 Zapadno-Sibirskaya nizmennost'* [Engineering geology in the USSR. Western Siberian and Turanian Plates. In 2 Books. Book 1. West Siberian Lowland] / Gerasimova A.S., Ershova S.B., Zakharov Yu.F. i dr. Moscow: Publishing House “Nedra”. 1990. 330 p. In Russian

- Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii nedr na territorii Rossiyskoy Federatsii v 2020 godu* [Information bulletin on the state of subsoil on the territory of the Russian Federation in 2020]. V. 44. Moscow: Publishing House FGBU "Gidrospegeologiya". 2021. 380 p. URL: <https://specgeo.ru/upload/iblock/c58/caebcqr40vtpkqemowf9zognpuv7nf.pdf> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii nedr territorii Sibirskogo federal'nogo okruga v 2021 g.* [Information bulletin on the state of the subsoil of the territory of the Siberian Federal District in 2021] V. 18. T. 2 [Electronic resource]: Tomsk: Publishing House FGBU "Gidrospegeologiya". 2022. 186 p. URL: <https://sfo.geomonitring.ru/products/information/bul2021.pdf> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Isachenko A.G. *Ekologicheskaya geografiya Rossii* [Ecological geography of Russia]. Publishing house of St. Petersburg State University. 2001. 328 p. In Russian
- Kotelnikov A.M. *Geograficheskoe obespechenie upravleniya prirodnopol'zovaniem v regione* [Geographic support for environmental management in the region]. Novosibirsk. Publishing House SB RAS. 2002. 248 p. In Russian
- Kochurov B.P. *Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-khozyaystvennyy balans territorii* [Geoecology: ecodiagnosics and ecological-economic balance of the territory: monograph]. Smolensk. 1997. 153 p. In Russian
- Krasnoyarova B.A., Platonova S.G., Sharabarina S.N., Skripko V.V., Arkhipova I.V. *Prirodno-khozyaystvennye sistemy Zapadnoy Sibiri: osobennosti sovremennoy prostranstvennoy organizatsii i funktsionirovaniya na raznykh ierarkhicheskikh urovnyakh* [Natural-economics systems of Western Siberia: peculiarities of modern spatial organization and functioning at different hierarchical levels]. *Izvestiya AO RGO – Bulletin AB RGS*. 2016. 4 (43). pp. 5–18. In Russian
- Kuzmin S.B. *Opasnye geomorfologicheskie protsessy i risk prirodnopol'zovaniya* [Hazardous geomorphological processes and environmental management risks]. Novosibirsk. Publishing House SB RAS "Geo". 2009. 195 p. In Russian
- Kuzmin S.B. *Geoekologicheskoe rayonirovanie Sibiri po opasnym geomorfologicheskim protsessam* [Geoecological zoning of Siberia according to dangerous geomorphological processes]. *Problemy analiza riska – Issues of risk analysis*. 2016. V. 13 (3). pp. 34–47. In Russian
- Metodicheskoe posobie po sostavleniyu melkomasshtabnykh kart chetvertichnykh obrazovaniy k Gosgeokarte-1000/3* [Methodological manual for compiling small-scale maps of Quaternary formations for Gosgeokarta-1000/3]. / edited by E.A. Minina, V.V. Starchenko. St. Petersburg. Publishing House "Russian Geological Research Institute". 2005. 190 p. In Russian
- Mikhaylov N.I. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie* [Physiographic zoning]. Moscow: Moscow State University Publishing House. 1985. 184 p. In Russian
- Opasnye prirodnye i tekhnogennye protsessy v gornyykh regionakh: modeli, sistemy, tekhnologii: kollektivnaya monografiya* [Hazardous natural and man-made processes in mountain regions: models, systems, technologies: collective monograph]. Vladikavkaz. Geophysical Institute VSC RAS. 2019. 806 p. In Russian
- Osipov V.I., Korolev V.A., Mamaev Yu.A., Ragozin A.L. *Bezopasnost' Rossii. Pravovye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Regional'nye problemy bezopasnosti s uchetom riska vozniknoveniya prirodnykh i tekhnogennykh katastrof* [Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Regional security problems taking into account the risk of natural and man-made disasters]. Moscow: Publishing House "Znanie". 1999. 672 p. In Russian
- Osmushkin V.S., Shvetsov A.Ya. *Opasnye prirodno-tekhnogennye protsessy i geoekologicheskii monitoring na territorii g. Barnaula* [Hazardous natural and man-made processes and geoecological monitoring in the territory of Barnaul]. *Gumanizm i stroitel'stvo na poroge tret'ego tysyacheletiya. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Humanism and construction on the threshold of the third millennium: materials of the International Scientific Conference]. Barnaul: Altai State Technical University Publishing House. 1999. pp. 57–60. In Russian
- Platonova S.G. *Geoekologicheskie ogranicheniya regional'nogo prirodnopol'zovaniya v Zapadnoy Sibiri* [Geoecological restrictions of regional environment management in Western Siberia] // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2008 (7 (45)). pp. 33–37. In Russian
- Platonova S.G. *Tipizatsiya geologicheskoy sredy Barnaula po rasprostraneniyu opasnykh geologicheskikh protsessov* [Typification of the geological environment depending on the degree of the danger of geological processes (Barnaul city as a case study)]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: sbornik statey v 3 kn* [Agricultural science – agriculture: collection of articles]. Barnaul: Altai State Agricultural University Publishing House. 2017. V. 2. pp. 363–364. In Russian
- Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.05.2007 g. № 304 «O klassifikatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera»* [Decree of the Government of the Russian Federation (21.05.2007 № 304 "Classification of emergency situations of natural and man-made nature"]. URL: <https://base.garant.ru/12153609/> (Data of accessed: 24.04.2023). In Russian
- Preobrazhenskiy B.C. *Poisk v geografii* [Search in geography]. Moscow: Publishing House "Prosveshchenie". 1986. 223 p. In Russian
- Prikaz MChS RF ot 25 oktyabrya 2004 g. № 484. «Ob utverzhdenii tipovogo pasporta bezopasnosti territoriy sub"ektov Rossiyskoy Federatsii i munitsipal'nykh obrazovaniy»* [Order of the Department of Emergency Situations of the Russian Federation (25.10.2004. № 484) "Approval of a standard safety passport for the territories of constituent entities of Russia and municipalities"]. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/763>. (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Prirodnye opasnosti i obshchestvo. Tematicheskiiy tom* [Natural hazards and society. Thematic volume]. *Pod red. V.A. Vladimirova, Yu.L. Vorob'eva, V.I. Osipova*. Moscow: Publishing House "KRUK". 2002. 248 p. In Russian
- Protssy formirovaniya rel'efa Sibiri* [Relief formation processes in Siberia] / Florensov N.A., Ivanovsky L.N., Ufimtsev G.F. et al. Novosibirsk: Publishing House Nauka. 1987. 185 p. In Russian
- Putilin A.F. *Eroziya pochv v lesostepi Zapadnoy Sibiri* [Soil erosion in forest-steppe zone of Western Siberia]. Novosibirsk: Publishing House SB RAS. 2002. 184 p. In Russian
- Rasporyazhenie Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 19.05.2021 g. № 16-r «Ob utverzhdenii tipovogo pasporta klimaticheskoy bezopasnosti territorii sub"ekta Rossiyskoy Federatsii»* [Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation (19.05.2021 №. 3183-r). URL: <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-19.05.2021-N-16-r/> (Data of accessed: 09.12.2023). In Russian
- Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli* [Regions of Russia. Socio-economic indicators] R32 Stat. sb. Moscow: Rosstat. 2022. 1122 p. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf) (Data of accessed: 30.05.2023). In Russian

- Rel'ef Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Relief of the West Siberian Plain] / Zemtsov A.A., Mizerov B.V., Nikolaev V.A. et al. Novosibirsk: Publishing House "Nauka. Siberian Branch". 1988. 192 p. In Russian
- Rogozhin E.A., Platonova S.G. *Ochagovye zony sil'nykh zemletryaseniy Gornogo Altaya v golotsene* [Source zones of strong earthquakes in Altai Mountains in Holocene]. Moscow: Publishing House IFZ RAS. 2002. 130 p. In Russian
- Ruslovye protsessy na rekakh Altayskogo regiona* [Channel processes on the rivers of the Altai region] pod. red. prof. R.S. Chalova [under. ed. prof. R.S. Chalova]. Moscow: Moscow State University Publishing House. 1996. 244 p. In Russian
- Sostoyaniye geologicheskoy sredy (nedr) territorii Sibirskogo federal'nogo okruga v 2017 godu* [State of the geological environment of the territory of the Siberian Federal District in 2017]. [Electronic resource]: *Informatsionnyy byulleten* [Bulletin]. Tomsk: Publishing House "D-prin". 2018 (14). 178 p. URL: <https://sfo.geomonitoring.ru/products/information/bul2017.pdf>. (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Sostoyaniye geologicheskoy sredy (nedr) territorii Sibirskogo federal'nogo okruga v 2019 godu* [State of the geological environment of the territory of the Siberian Federal District in 2019] [Electronic resource]: *Informatsionnyy byulleten* [Bulletin]. Tomsk: Publishing House "D-prin". 2020 (16). 202 p. URL: <https://sfo.geomonitoring.ru/products/information/bul2019.pdf>. (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Sochava B.V. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Introduction to the study of geosystems]. Novosibirsk: Novosibirsk. Publishing House SB RAS "Nauka". 1978. 319 p. In Russian
- SP 115.13330.2016. *Geofizika opasnykh prirodnykh vozddeystviy* [Standards SP 115.13330.2016]. Geophysics of hazardous natural processes]. Moscow: Moscow Publishing House "Standartinform". 2016. 31 p. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17066/> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- SP14.13330.2018. *Stroitel'stvo v seymicheskikh rayonakh artinform*. [Standards SP14.13330.2018. Construction in seismic areas]. Moscow: Moscow Publishing House "Standartinform". 2018. 208 p. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/17067/> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Sturman V.I. *Geoekologiya: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Geoeology. University textbook]. Saint Petersburg: Publishing House "Lan". 2023. 228 p. In Russian
- Tatarintsev S.A., Barmin A.N., Valov M.V., Sintsov A.V., Belyaev D.Yu., Barmina E.A., Zanozin V.V., Kolchin E.A. *Tekhnogennye opasnosti aridnykh territoriy: pokazateli, kriterii, otsenki, prognozy: monografiya* [Technogenic hazards of arid territories: indicators, criteria, assessments, forecasts: monograph]. Astrakhan: Publisher "Sorokin Roman Vasilievich". 2023. 164 p. In Russian
- Trepettsov E.V. *Sovremennyye geologicheskie protsessy i yavleniya v Altayskom krae i ikh inzhenerno-geologicheskaya kharakteristika* [Modern geological processes and phenomena in the Altai region and their engineering-geological characteristics]. *Sovremennyye geologicheskie protsessy i stroitel'stvo* – Modern geological processes and construction. Moscow. 1972. V. XYI. pp. 241–258. In Russian
- Federal'nyy zakon ot 21 dekabrya 1994 g. № 68-FZ «O zashchite naseleniya i territoriy ot ChS prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera»* [Federal Law of December (21.12.1994 N. 68–FZ "On the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies"]. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5788> (Data of accessed: 16.10.2023). In Russian
- Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya Sibiri. Trudy instituta geologii i geofiziki. Vypusk 27. Chetvertichnaya geologiya i geomorfologiya Sibiri* [Quaternary geology and geomorphology of Siberia. Transactions of the Institute of Geology and Geophysics. Issue 27. Quaternary geology and geomorphology of Siberia]. / edited by V.N. Saks. Novosibirsk: SB RAS. 1962. 177 p. In Russian
- Chislennost' postoyannogo naseleniya Rossiyskoy Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2023 goda (s uchetoм itogov Vserossiyskoy perepisi naseleniya 2020 g.* [The size of the permanent population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2023 (taking into account the results of the All-Russian Population Census of 2020). [Electronic resource]: *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki* [Federal State Statistics Service]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (Data of accessed: 17.05 2023). In Russian
- Shvebs G.I. *Kontseptsiya prirodno-khozyaystvennykh territorial'nykh sistem i printsipy ratsional'nogo prirodoopol'zovaniya* [The concept of natural-economic territorial systems and principles of rational environmental management]. *Geografiya i prirodnye resursy* – Geography and natural resources. 1987 (24). pp. 30–38. In Russian
- Shvetsov A.Ya. *Lessy Altaya* [Loess of Altai]. Barnaul: Publishing House "Novyy format". 2021. 152 p. In Russian
- Glade T., Anderson M.G., Crozier M.J. (ed.). *Landslide hazard and risk*. Chichester: Wiley. 2005. V. 807. pp. 1–40. doi:10.1002/9780470012659. In English
- Clague J.J., Roberts N.J. *Landslide hazard and risk // Landslides*; Clague J.J., Stead D. Eds. Cambridge University Press: Cambridge. UK. 2012. pp. 1–9. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511740367.002>.
- García-Soriano D., Quesada-Román A., Zamorano-Orozco J.J. *Geomorphological hazards susceptibility in high-density urban areas: A case study of Mexico City // Journal of South American Earth Sciences*. 2020. V. 102. doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102667.
- Hestnes E., Lied K. *Natural-hazard maps for land-use planning in Norway // [Electronic resource]: Journal of Glaciology*. 1980. V. 26. 94. pp. 331–343. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-glaciology/article/naturalhazard-maps-for-landuse-planning-in-norway/B77F8896566DC0A719BA2D3817144263> (Data of accessed: 17.05 2023).
- Naturkatastrophen und Naturrisiken in der vorindustriellen Zeit und ihre Auswirkungen auf Siedlungen und Kulturlandschaft // Herausgegeben von Winfried Schenk und Andreas Dix für den Arbeitskreis für Kulturlandschaftsforschung in Mitteleuropa ARKUM e. V. SELBSTVERLAG ARKUM e. V. BONN 2005. 480 p. In German*
- Platonova S.G. *Modern morphogenesis of urban area (Barnaul city as a case study) // The Social Transformation of the Cities and Regions in the Post-communist Countries*. Poznan: Wydawnictwo Naukowe. 2014. pp. 185–192.
- Spooner I. et al. *Slope Failure Hazard in the Atlantic Provinces: A Review // Atlantic Geology*. 2013. V. 49. pp. 1–14. doi: <https://doi.org/10.4138/atgeol.2013.001>.

#### Информация об авторах:

**Платонова С.Г.**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, старший научный сотрудник, лаборатория ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия.  
E-mail: [sgplatonova@mail.ru](mailto:sgplatonova@mail.ru)

**Скрипко В.В.**, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования и геоэкологии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия; старший научный сотрудник, лаборатория ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия.  
E-mail: skripko@inbox.ru

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Information about the authors:**

**Platonova S.G.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor, Senior Research, Laboratory of landscape-water-ecological research and nature management, Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia.

E-mail: sgplatonova@mail.ru

**Skripko V.V.** Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Head of the Department, Altai State University, Barnaul, Russia; Senior Research, Laboratory of landscape-water-ecological research and nature management, Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia.

E-mail: skripko@inbox.ru

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 07.05.2024; одобрена после рецензирования 21.11.2024; принята к публикации 30.10.2025*

*The article was submitted 07.05.2024; approved after reviewing 21.11.2024; accepted for publication 30.10.2025*