

75-84. [Sasorova E.V., Levin B.W., Andreeva M.Y. Dynamics of the seismicity of the Kuril arc based on multivariate statistical analysis. Russian J. of Pacific Geology, 2013, 7(1): 56-64. <https://doi.org/10.1134/s1819714013010077>].

9. Mogi K. Earthquake prediction. – Tokyo:

Acad. Press, 1985. – 382 p.

10. International Seismological Centre. – режим доступа к изд.: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/> (дата обращения: 15.08.2018)

### СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДРЕВНИХ ВОЛЖСКИХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЛЕСА)

*Заиканова Ирина Николаевна*

*Старший научный сотрудник*

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева*

*Российской академии наук, г. Москва*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2019.1.46.47](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2019.1.46.47)

### STRUCTURAL-GEOMORPHOLOGICAL AND RETROSPECTIVE ANALYSIS OF ENSURING GEOECOLOGICAL SECURITY OF ANCIENT VOLGA CITIES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF THE PLES)

*Zaikanova Irina*

*Senior Researcher*

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience,*

*Russian Academy of Sciences, c. Moscow*

#### Аннотация

Большинство старинных русских городов, расположено по берегам крупных рек, одним из них является г. Плес Ивановской области, территория которого отнесена к Плесскому государственному музею-заповеднику. В силу значительной крутизны склонов город испытывает воздействие целого комплекса инженерно-геологических процессов, выявить и систематизировать которые позволило структурно-геоморфологическое районирование. Проведен ретроспективный анализ обеспечения геоэкологической безопасности древних городов, применявшегося в XIX и начале XX веков.

#### Abstract

Most of the old Russian cities, which are monuments of cultural heritage, are located along the banks of large rivers, one of such cities is the town of Plyos. A study was conducted on the territory of the city, including structural geomorphological mapping and assessment of the state of buildings and structures within the historical slope of the city. The area of activation of exogenous geological processes occupy about 1/3 of the total area of the city. Studies of the state of the buildings located on the slope part of the city Plyos, as the most exposed to the characteristic geotechnical complex of the processes, are carried out.

**Ключевые слова:** геоэкологическая безопасность; структурно-геоморфологическое зонирование; деформация зданий; ретроспективный анализ.

**Key words:** geoecological safety; structural-geomorphological zoning; deformation of buildings, retrospective analysis.

Большинство старинных русских городов, являющихся памятниками культурного наследия, расположено по берегам крупных рек. Одним из таких городов является г. Плес Ивановской области, территория которого отнесена к Плесскому государственному историко-архитектурному и художественному музею-заповеднику, включенному в Перечень историко-культурных объектов федерального значения. В 2010 г. город Плес также включен в перечень исторических поселений федерального значения. В связи с этим сохранение уникального исторического и природного ландшафта города является важной задачей обеспечения его геоэкологической безопасности, которая определяется нами в данной статье как создание благоприятных условий проживания и сохранения культурного наследия человека (и социума) в сложных инженерно-геологических условиях.

Обобщение литературных, фондовых и полевых материалов полученных автором в составе

экспедиции ИГЭ РАН в 2003-2006 гг., показало, что геологическое строение, гидрогеологические условия и геоморфология территории Плеса отличаются большим разнообразием и уникальностью. Город расположен на Плесско-Галичской возвышенности. Долина Волги на участке между устьями рек Тверцы и Унжи лежит в осевой части Московской синеклизы. В районе Плеса долина существенно сужается, поскольку здесь на ее пути находится Плесский купол Наволокско-Костромского поднятия. В новейшее и настоящее время Плесский купол испытывает медленную поднятия, однако, более быстрое, чем прилегающая возвышенность. Об этом свидетельствует и то, что Плес и прилегающая к нему территория отличается большой глубиной расчленения рельефа и широким распространением крутосклонных оврагов. Особенно заметна высокая интенсивность врезания на примере долины р. Шохонки, имеющей при небольшой – всего в 5 км длине очень крутое падение русла (от абс. высоты

150 м в истоке до 86 м в устье, уклон 148 ‰). Вторым показателем наличия современного поднятия может служить отсутствие на обоих берегах Волги террас.

Полевое структурно-геоморфологическое картографирование позволило выявить интенсивность неотектонических движений территории города, проявления действующих экзогенных процессов, а также применявшиеся ранее эффективные мероприятия по их нейтрализации. Картографирование показало, что со времени московского оледенения и последующего микулинского межстадиала [2], сформировавших водораздельную поверхность, в пределах г. Плеса произошло поднятие его восточной части приблизительно на 10 м.

Среди факторов антропогенного воздействия на городскую среду Плеса особо важным является образование Горьковского водохранилища, которое вызвало повышение уровня воды в р. Волге на 8 м. Даже в благоприятных геологических и топографических условиях подпор и поднятие уровня грунтовых вод может распространяться в полосе до 3 км. Это является причиной деформации просадочных грунтов, активизации оползней, карстово-суффозионных процессов, подтопления территорий и, как следствие, деформации и разрушения зданий и коммуникаций. [3]. Наиболее

опасные участки побережий Верхней Волги кроме Плеса расположены в городах Юрьевец, Рыбинск, Кострома и др.

Данные геоморфологического картографирования [2] показали, что формирование современного рельефа в пределах г. Плеса шло под влиянием следующих современных экзогенных геологических процессов (ЭГП): линейной эрозии, плоскостного смыва, аккумуляции продуктов сноса в виде конусов выноса, формирования системы ложбин стока на плакорной части города, оползневых, суффозионных, береговых процессов и подпора грунтовых вод водохранилищем. Кроме названных выше процессов и явлений, в формировании рельефа города свою положительную роль сыграли посадки растительности, а также градостроительные и гидротехнические мероприятия – строительство насыпи, дамбы, карьера, прудов и мероприятия по организации поверхностного и грунтового стока.

Были выделены техногенная и структурно-геоморфологические зоны, которые объединяют генетически однородные территории, подверженные специфическому, характерному для каждой из них комплексу экзогенных геологических процессов и явлений (табл.).

Таблица

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ И РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПО СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ЗОНАМ

Структурные зоны	Экзогенные геологические и рельефообразующие процессы						
	Береговые процессы	Суффозия	Линейная эрозия	Плоскостная эрозия	Оползни	Подтопление	Аккумуляция отложений
1. Насыпь и дамба (техногенная зона)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
2. Нижняя, спланированная часть коренного склона		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Средняя часть коренного берега р. Волги			<input type="checkbox"/>				
4. Верхняя крутая часть коренного берега			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5. Фрагменты придолинного склона водораздела		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6. Плакорная часть водораздела						<input type="checkbox"/>	

Первая зона – техногенная насыпь и дамба, которые были созданы в период строительства Горьковского водохранилища (абс. отметки – 84.0-86.0 м). Вторая зона в геоморфологическом отношении это нижняя, пологая, спланированная поверхность нижней части коренного склона реки (абс. отметки – 86.0-87.5 м), она включает историческую застройку набережной р. Волги,

существовавшей до создания водохранилища. Для этих двух зон наиболее заметным процессом является суффозия. Третья зона - включает нижние части коренного склона реки Волги, которые местами претерпели техногенное воздействие: планировку, террасирование, подсыпку и т.д., в связи со строительством зданий (абс. отметки – 87.5-100.0 м), она наиболее подвержена действию

экзогенных геологических процессов. На вторую и третью зоны приходится большая часть исторической застройки города и памятников архитектуры. Четвертую зону включают верхние, наиболее крутые части коренного берега, образовавшиеся здесь овраги, конусы выноса и оползни (абс. отметки этих зон – 100.0-130.0 м). Они образуют неудобные для застройки, хотя частично и застроенные части города. Пятую зону образуют присклоновые понижения коренного берега р. Волги, водосборные понижения и врезы овражной системы (абс. отметки – 130.0-135.0 м). Здесь располагается застройка неисторической части города, есть несколько памятников архитектуры (церкви). Это зона активного развития линейной эрозии, которая постепенно «отбирает» у города земли. Шестая зона – это наклонная к реке часть плакорной поверхности, являющейся в районе Плеса краевой частью Плесского купола, центр которого расположен несколько восточнее, между деревнями Татищево, Горшково и Левашиха.

Одним из основных экзогенных геологических процессов г. Плеса является образование оврагов, которые пересекают склоны и плакорную часть города создавая т.н. "горы", определяющие ландшафтно-архитектурную и художественную привлекательность города и имеющие собственные исторические названия, в частности, Соборная, Левитана, Холодная и др.

Большое внимание было уделено выявлению зон питания, транспорта и аккумуляции в формировании линейных эрозионных форм рельефа (оврагов). Вся плакорная часть в пределах города (6 зона) разделена на водосборные понижения крупных оврагов. На топокартах хорошо прослеживаются ложбины, по которым осуществляется сток с этой поверхности. В пределах 5 зоны только на отдельных участках сохранились фрагменты присклоновой поверхности, не затронутой этим процессом. Наибольшее развитие линейная эрозия имеет в 4 зоне, где происходит транспорт с присклоновой поверхности плакора взвешенных частиц. Поперечный профиль оврагов имеет V-образную форму, часто с временными или постоянными водотоками. В эту зону входят самые глубокие части оврагов и верхние части их конусов выноса. Третья, реже вторая, зоны включают участки конусов выноса оврагов, через которые либо фильтруются, либо выходят в виде ручьев воды указанных выше временных и постоянных водотоков. Все овраги в пределах города достаточно равномерно распределены по склонам реки и являются их составной частью, поэтому выделение оврагов в самостоятельную геоморфологическую зону не оправдано.

Величины водосборных бассейнов и размеры оврагов заметно различаются, что при близких геолого-гидрогеологических условиях и возрасте территории может показаться странным. На самом деле, эти различия связаны со строительством в начале XX века дорожных покрытий с отсыпкой из

песка и булыжника по днищам некоторых, тогда еще небольших оврагов, что, с одной стороны, организовало их внутренний дренаж, а с другой – плоские мостовые, с хорошо подогнанными друг к другу валунами, стали своего рода желобами для поверхностного стока, собирающегося с плакора и со склонов оврагов, препятствующими его врезанию в присклоновую часть долины. Длина оврагов, днища которых не были вымощены камнем, **превышает мощные в среднем в три, но нередко и более раз.** Такое же соотношение и протяженности замкнутых водосборных понижений этих типов оврагов в 6 геоморфологической зоне. Ретроспективный опыт сдерживания эрозии показывает, какую роль могут играть мероприятия по мощению оврагов в сохранении ландшафтов городов и других населенных пунктов Верхневолжья, расположенных на сходных с плесскими крутых склонах, а также любых других городов, расположенных на крутых склонах рек.

Выявлена также роль, которую играли пруды, создаваемые на плакорной части в створе оврагов. Они «перехватывали» в 6 и 5 зонах часть ложбин, формирующих сток оврага, чем приостанавливали развитие и дальнейшее их врезание. Такие пруды отмечаются в нескольких частях города.

Большое влияние на стабилизацию развития линейной эрозии сыграли зеленые насаждения на поверхности склонов по всему городу, однако, необходимо заметить, что из-за развития экзогенных процессов, в частности, оползней и эрозии, большая их часть находится в угнетенном состоянии, здесь широко распространен т.н. "пьяный лес".

Второй по важности экзогенный геологический процесс, действующий в районе г. Плеса - образование оползней. Оползни распространены по большей части в двух зонах – третьей и четвертой. Во второй зоне оползни редки, здесь отмечаются только оползни, сместившиеся в нее из третьей зоны.

Результаты картографирования позволили установить зависимость процесса формирования оползней от активности эрозионных процессов. Линейная эрозия, обособляя участки склона долины р. Волги, создает «ослабленные» зоны, которые при избыточном увлажнении или антропогенном воздействии могут смещаться вниз в виде оплывин или оползней. Особенно много мелких оползней отмечается на контакте склонов оврагов (а также р. Шохонки) и склонов коренного берега р. Волги. Здесь создаются благоприятные условия для смещения грунтовых масс, из-за действия градиента гравитационных сил, направленных как в сторону р. Волги, так и русла оврага, одновременно. Особую группу образуют оползни, сформировавшиеся на крупных конусах выноса, то есть также генетически связанные с оврагообразованием. В целом, существующая сильно развитая овражная сеть в г. Плесе провоцирует развитие процессов оползания грунтов, что отрицательно сказывается на

состоянии зданий и сооружений на склонах р. Волги. Таким образом, одним из возможных путей уменьшения оползневой опасности могут стать мероприятия по предотвращению развития линейной эрозии, пример которых упоминается выше.

На исследуемой территории были также выявлены участки активного развития плоскостной эрозии – это относительно крутые плоские части склона коренного берега рр. Волги и Шохонки. На склонах р. Волги, имеющей в районе г. Плеса сильно спрямленное русло, местами образовались ровные и плоские береговые склоны, являющиеся поверхностями плоскостного смыва. По мере сноса верхних слоев грунта, такой склон постепенно становится вогнутым. Характерной особенностью таких образований являются возникающие в нижних частях склонов своеобразные «конусы» выноса плоскостного смыва в виде невысоких делювиальных валов. Устойчивость таких склонов, как правило, довольно низкая.

В связи с особым статусом территории Плеса в 2003-2006 гг. были проведены исследования состояния построек, расположенных на склоновой части г. Плеса, как наиболее подверженных действию комплекса экзогенных геологических процессов. В состав исследований входила оценка деформированности зданий и сооружений. Среди построек склоновой части города было выявлено 98 деформированных зданий, что составляет 45% от всего исследованного во 2-5 геоморфологических зонах количества зданий. В большинстве домов замечены трещины с раскрытием 5 мм, хотя встречаются дома с трещинами до 20 мм и более.

Деформации оказались подвержены не все здания, в том числе, построенные даже в самых неблагоприятных с инженерно-геологической точки зрения условиях. Почти все здания с деформациями строились, начиная с середины XX века. В старину же при строительстве применялся так называемый "сухой фундамент", который обеспечил лучшую сохранность зданий и, прежде всего, их фундаментов. Этот тип фундамента определяет повышение устойчивости откосов и оснований зданий и сооружений, предотвращение оползней. Особенностью применявшегося типа фундамента является наличие в его основании крупных неровных кусков плитнякового и постелистого рваного камня или булыжника. В настоящее время такой тип фундамента называется бутовым и применяется довольно редко. Кладка бутовых ленточных фундаментов из булыжного камня ведётся только в распор со стенками траншеи. Камни укладывают вручную без опалубки и не бетонируют [1]. В результате чего основание фундамента свободно пропускало грунтовые и ливневые воды, достаточно обильные на склонах долины, что препятствовало процессам барража и пучения.

В настоящее время процесс образования оползней захватил большую часть склонов и прилегающих к ним поверхностей плакора, хотя в ряде мест он еще сдерживается оставшимися от прошлого посадками древесной и кустарниковой растительности. Об активизации этого процесса в самое последнее время свидетельствует широкое развитие трещин в домах новой постройки, а также свежих трещин на марках по стенам памятников архитектуры.

Вышесказанное позволяет сделать основные выводы и определить мероприятия, которые бы способствовали сохранению городского ландшафта и памятников истории г. Плеса:

1. Определено распространение опасных экзогенных процессов в структурно-геоморфологических зонах г. Плеса.

2. Установлено, что одним из возможных путей уменьшения оползневой опасности могут стать мероприятия по предотвращению развития линейной эрозии.

2. Активизация экзогенных геологических процессов установлена на 1/3 от общей площади города. К наиболее опасным относятся 3 и 4 зоны, при этом в 3-ей зоне плотность застройки превысила 30%, а в 4-ой – 56%.

3. Проведенная оценка состояния зданий и сооружений позволила выявить 98 деформированных зданий, что составляет 45% от всего их количества во 2-5 геоморфологических зонах.

4. Рекомендуется использовать рассмотренный положительный опыт обеспечения геоэкологической безопасности, применявшийся в прошлом в г. Плесе, включающий посадку древесной растительности на склонах, создание прудов, перехватывающих поверхностный сток с плакорной части, устройство булыжных мостовых по днищам оврагов, а также применявшийся опыт строительства "сухого фундамента", возможно других современных методов, позволяющих обеспечить пропуск через основание фундамента поверхностных и грунтовых вод.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинов М.В. Основания и фундаменты. М.: "Высшая школа", 1999, 161 с.
2. Заиканова И.Н., Патренков М.А. Полевое картографирование и оценка развития опасных геологических процессов с применением ГИС (на примере Плесского музея-заповедника) //Экспедиционные исследования: состояние и перспективы. Сб. тр. конф. «Первые междун. чтен. памяти Н.М. Пржевальского». Смоленск: Смоленская городская типография, 2008. С. 49-52.
3. Кофф Г. Л., Борсукова О.В. Природные и природно-техногенные геологические риски в береговых зонах морей и рек // Вестник инженерных изысканий, 2014. №1. с. 2-10.