

Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2026. № 1 (90). С. 184–213.
The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin. 2026; 1 (90):184–213.

Научная статья
УДК 640.43(470.313)
DOI 10.37724/RSU.2026.90.1.019

Геолого-геоморфологические условия возникновения и развития лесоторфяных пожаров в ландшафтах Мещёрской низменности¹

Сергей Анатольевич Тобратов¹, Ольга Сергеевна Железнова²

^{1,2} Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, Рязань, Россия

¹ tobratovsa@mail.ru

² zheleznova_rzn@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование географических закономерностей пожаров в полесских ландшафтах Мещёрской низменности — региона с высоким пирогенным потенциалом. Установлены устойчивые топологические пространственные отношения очагов первичного возгорания летом 2010 года и тальвегов погребенной доюрской эрозионной сети (врезов в кровлю карбоновых известняков). Геофизической предпосылкой данной закономерности является относительно высокий удельный вес известняков (в 1,8–1,4 раза выше, чем иных горных пород, распространенных в районе исследований), что определяет существование связанных с ними локальных гравитационных аномалий, влияющих на ландшафтные процессы. Отмечено, что установление топологических закономерностей пирогенеза оказалось возможным лишь благодаря данным спутникового инфракрасного мониторинга земной поверхности. Рассмотрены изменения пирогенного потенциала ландшафтов под влиянием форм антропогенного и биогенного рельефа (каналы, железнодорожные насыпи, бобровые морфологические комплексы) и связанных с ними изменений растительного покрова, а также противопожарные свойства местных линейных возвышений рельефа (верей). Установлены оптимальное (региональная норма) и pessимальное (антропогенное переосушение, стимулирующее катастрофические пожары) величины летнего межennaleго водообмена, составляющие, соответственно, 0,05 и 0,40 л/с×км². На примере пирогенных событий 1936 года (в том числе гибели поселка Курша 2-я) охарактеризованы условия перехода локальных пожаров в катастрофические, в числе которых — ориентировка форм природного и антропогенного рельефа, способных обеспечивать ускоренное движение огня, в соответствии с метеорологическими азимутами приземных и высотных ведущих потоков в атмосфере. Золо-угольный горизонт одного из пожаров 1936 года использован в качестве репера для оценки текущих темпов биогенного осадконакопления. Установлено, что данные темпы укладываются в диапазон 0,20–0,25 мм/год, характерный для Мещёрской природной провинции в позднем голоцене.

Ключевые слова: антропогенный рельеф, верейный рельеф, вертикальная скорость роста торфа, верховые пожары, Курша 2-я, локальные аномалии гравитационного поля, Мещёрская низменность, осушительная мелиорация, пирогенез, погребенный рельеф, эрозионные тальвеги.

Для цитирования: Тобратов С. А., Железнова О. С. Геолого-геоморфологические условия возникновения и развития лесоторфяных пожаров в ландшафтах Мещёрской низменности // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2026. № 1 (90). С. 184–213. DOI: 10.37724/RSU.2026.90.1.019.

Original article

Geological and geomorphological conditions for occurrence and development of forest-turf fires in Meshchera Lowland

Sergey A. Tobratov¹, Olga S. Zheleznova²

^{1,2} Ryazan State University named for S. A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹ tobratovsa@mail.ru

² zheleznova_rzn@mail.ru

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», проект № 18/2025-Р «Судьба Мещеры: огонь, вода и медные трубы».

Abstract. The present study addresses the geographical patterns of wildfires in the Polesye landscapes of the Meshchera Lowland — a region characterized by high pyrogenic potential. It establishes a stable topological spatial relationships between the primary ignition sites in the summer of year 2010 and the valleys of the buried pre-Jurassic erosion network (incisions into the roof of Carboniferous limestones). The geophysical premise of this regularity is the relatively high specific weight of limestones (1.4–1.8-times greater than that of other rock types prevalent in the research area), which determines the existence of associated local gravitational anomalies that influence landscape processes. It has been noted that the establishment of topological patterns of pyrogenesis was made possible solely through data obtained from satellite infrared monitoring of the Earth's surface. The changes in the pyrogenic potential of landscapes under the influence of anthropogenic and biogenic relief forms (such as channels and beaver morphological complexes) and the associated alterations in vegetation cover have been examined, as well as the fire-resistant properties of local linear elevations in the terrain (*vereyas*). The optimal (regional norm) and pessimistic (anthropogenic over-drying that stimulates catastrophic fires) values of summer inter-melt water exchange are 0.05 and 0.40 l/s×sq.km, respectively. Using the example of pyrogenic events in 1936 (and the destruction of the village of Kursha-2), the paper defines the conditions for transition of local fires into catastrophic fires, including the orientation of natural and anthropogenic landforms that may accelerate the movement of fire, in accordance with the meteorological azimuths of surface and high-altitude prevailing atmospheric flows. The ash-coal horizon of one of the fires in 1936 is used as a reference point for assessing the current rates of biogenic sedimentation. It is established that these rates fall within the range of 0.20–0.25 mm/year, which is typical of the Meshchera natural province in the late Holocene.

Keywords: anthropogenic relief, *vereyas*, surface fires, Kursha-2, local anomalies of the gravitational field, Meshchera lowland, drainage reclamation, pyrogenesis, buried relief, vertical rate of peat growth, erosional valley bottom.

For citation: Tokratov S. A., Zheleznova O. S. Geological and geomorphological conditions for occurrence and development of forest-turf fires in Meshchera Lowland. *The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin*, 2026; 1 (90):184–213. (In Russ.). DOI: 10.37724/RSU.2026.90.1.019.

Введение

Засуха 2010 года, по оценкам специалистов Росгидромета, явилась наиболее значительной не только за период инструментальных метеонаблюдений, но и за 1 000–5 000 лет [см.: Буранов, 2010]. Сопровождавшие ее катастрофические пожары достигли максимальной интенсивности в полесских ландшафтах Московской, Владимирской, Рязанской, Нижегородской областей и Мордовии [см.: Харитонов, Новенко, 2019], послужив основанием для более детальных и комплексных исследований пирогенеза и его факторов. Впрочем, пожары 2010 года стали лишь одним из эпизодов пирогенной истории голоцена. Установлено, что на протяжении почти всего текущего межледниковья огонь был важным фактором развития растительности задолго до широкого распространения производящего хозяйства [см.: First Spatial Reconstruction ... , 2022].

Природная пожарная опасность территории определяется совместным действием геолого-геоморфологических, гидролого-климатических, почвенно-растительных факторов [см.: Пигарева, 2025 ; Zackrisson, 1977 ; Forest fires within a temperate landscape ... , 2015]. Пространственные закономерности распространения пожаров в настоящее время признаются их важнейшей характеристикой, определяющей экологические и биохимические последствия пирогенеза [см.: First Spatial Reconstruction ... , 2022]. Источниками данных при этом являются материалы дистанционного зондирования (в основном для последних десятилетий, не ранее 1980-х годов) и лесной таксации [см.: Пигарева, 2025 ; Spatio-Temporal Analysis of Forest Fire Risk ... , 2008 ; Gizatullin, Alekseenko, 2022 ; Spatial and Temporal Analysis of Forest Fire Risk ... , 2025]. Предпринимаются усилия по учету ландшафтно-геоморфологических факторов, определяющих пространственную картину пожаров, однако они значительно ограничены спецификой исходных данных [см.: Янко, 2005 ; Пигарева, 2025 ; Gizatullin, Alekseenko, 2022]:

- картографирование распространения пожаров проводится по центрам лесотаксационных кварталов, геометрически правильные границы которых случайны по отношению к элементам рельефа и ландшафтными субъектами;

- вырубки рассматриваются как самостоятельный тип экосистем, равнозначный природным, хотя их распределение в пространстве не обусловлено рельефом и литологией;

- постулируемый учет геологического строения ограничивается типизацией почвообразующих пород по гранулометрическому составу и не распространяется на более глубокие слои — даже на морфологию водоупорных горизонтов;

– дистанционный мониторинг пожарных обстановок зачастую проводится без учета закономерностей их естественной цикличности и бывает приурочен к непоказательным периодам высокой увлажненности и минимальной горимости лесов (например, 2016–2018 годы в Мещёре).

При анализе пирологических особенностей лесных экосистем установлено, что максимальной горимостью обладают ландшафты полесского типа с широким распространением песчаных субстратов и заболачиванием понижений, с преобладанием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [см.: Харитонов, Новенко, 2019 ; Forest fires within a temperate landscape ... , 2015]. При этом наибольшей уязвимостью к пирогенезу характеризуются заболоченные леса на промежуточных ступенях рельефа. В отличие от местных возвышений там накапливается значительно больше лесных горючих материалов (ЛГМ), играющих решающую роль в формировании пожароопасной ситуации [см.: Янко, 2005], а в отличие от тальвегов понижений происходит более быстрое иссушение органогенных и минеральных субстратов в процессе гравитационного оттока влаги.

Мещёрская низменность является полигоном фундаментальных исследований голоценового пирогенеза, проводимых сотрудниками Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и Института географии РАН [см.: Динамика ландшафтов юго-восточной Мещёры ... , 2016 ; Куприянов, Новенко, 2019 ; Доаграрные ландшафты юго-восточной Мещёры ... , 2019 ; Возраст болот и этапы болотообразования ... , 2020 ; История лесных пожаров бассейна средней Оки ... , 2022]. Один из ключевых аспектов таких исследований — временные закономерности горимости болотных экосистем. Согласно полученным результатам [см.: Роль пожаров в динамике ландшафтов ... , 2017], на протяжении голоцена периоды с высокой частотой пожаров (от 15–20 до 120 лет) сменялись интервалами, когда пожары происходили с частотой от 500–600 до 1 800 лет. В то же время данные исследования проводятся на ограниченном числе объектов преимущественно в пределах двух полигонов: в Клепиковском Поозерье (участок «Белое озеро», сниженная часть Мещёры) и на востоке Тумского морфоструктурного блока (участок «Лесуново», «сухая Мещёра»). Данный набор объектов не отражает все разнообразие геолого-геоморфологических условий Мещёрской низменности и не позволяет создать панорамную пространственную картину пирогенеза в конкретные моменты прошлого.

Наиболее благоприятствующие пожарам метеопараметры — большая продолжительность бездождных периодов и высокие температуры воздуха [см.: Пигарева, 2025 ; Spatial and temporal patterns and driving factors ... , 2024], характерные для блокирующих антициклонов и, в меньшей степени, для малоградиентных полей давления [см.: Козлов, Доронин, Петроченко, 2017]. При этом отмечается, что резкое увеличение площади пожаров, когда они становятся стихийным бедствием, происходит в кратковременные эпизоды смены барических систем, особенно при прохождении атмосферных фронтов, и ключевую роль в этом играет увеличение скорости ветра [см.: Козлов, Доронин, Петроченко, 2017 ; Залесов, 2021]. Однако в доступной литературе анализ распространения фронта огня быстро развивающихся катастрофических пожаров не выполняется на ландшафтно-морфоструктурной основе. Это, очевидно, обусловлено представлением о том, что экспансия пожаров определяется главным образом синоптической обстановкой, а в неравномерном и мозаичном пространственном распределении ЛГМ — проводников горения — крайне затруднительно выявить влияние структур рельефа и геологического строения более высоких уровней иерархии, чем географические фации.

Цель данной работы — выявление географических закономерностей пирогенеза как важного аспекта функционирования лесных ландшафтов Мещёрской низменности на основе известного теоретического положения [см.: Солнцев, 2001] о геофизическом приоритете литогенной основы в ландшафтных процессах и о ведущей литогенетической роли рельефа.

Основная часть

Материалы и методы

В работе обсуждаются природные факторы и географические закономерности крупных и катастрофических пожаров (с площадью пирогенного поражения не менее 200 га [см.: Залесов, 2021]), имевших место в центре и на юге рязанского участка Мещёрской низменности в XX–XXI веках. Для анализа пространственной экспансии пирогенеза в июле–августе 2010 года использованы данные дистанционного мониторинга земной поверхности в инфракрасном диапазоне, обобщенные в онлайн-материалах Федерального агентства лесного хозяйства РФ [см.:

Информационная система ...] (рис. 1) (В настоящее время они отсутствуют в свободном доступе.) Изучение морфологии погребенного палеорельефа проведено на основе данных геологического бурения, предоставленных Территориальным фондом геологической информации по Центральному Федеральному округу (Рязанский филиал), — в среднем 1 исследовательская скважина на 16 км², в необходимых случаях привлекались данные Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 и сопровождающих ее аналитических материалов [см.: Государственная геологическая карта ... , 2021].

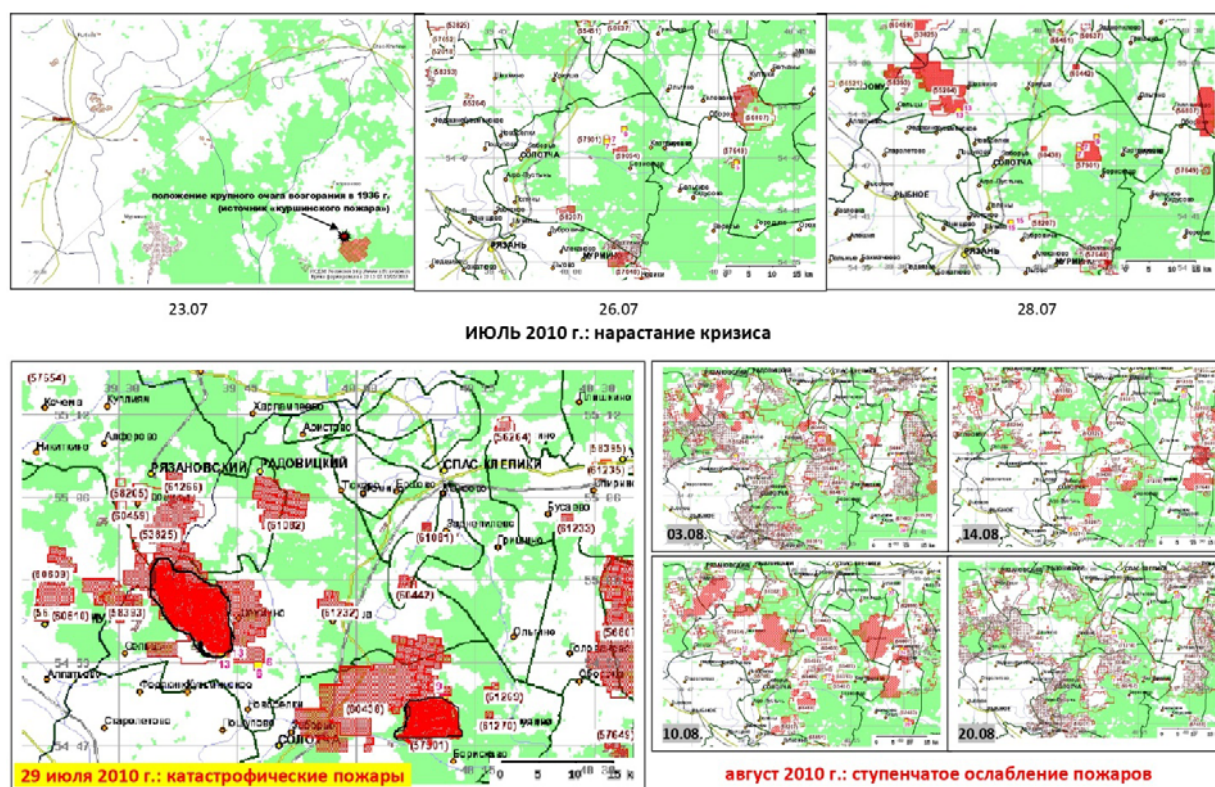


Рис. 1. Примеры исходных данных, характеризующих развитие пожарной обстановки летом 2010 года [см.: Информационная система ...]

Пространственный охват пирогенеза и состояние местности после пожаров 2010 и 1936 годов изучались, соответственно, по спектральнонам космическим снимкам НАСА (считаются общественным достоянием и распространяются свободно) и военно-топографической карте 1941 года масштаба 1:100 000. Синоптическая ситуация в момент перехода низовых пожаров в верховые оценивалась по данным реанализа из архивов национальной метеослужбы Великобритании MetOffice и немецкой метеорологической службы DWD [см.: Archiv-Version des Animationstools ...]. Скорость биогенного преобразования поверхности при торфонакоплениях и модуль летнего межлетнего стока, являющийся важным индикатором и триггером пирогенеза, определены по результатам собственных полевых исследований в ландшафтах Мещёры, проводимых нами с 2007 года.

Методологической основой исследования является концепт «гравитационной парадигмы» современного ландшафтоведения [см.: Философов, 1960 ; Солнцев, 2013 ; Железнова, Тобратов, 2017 ; Тобратов, Железнова, 2024], а ключевым методом — анализ топологических пространственных отношений между характеристиками пирогенеза и морфоструктурными элементами литогенной основы. Несмотря на то что такой анализ относится к начальным этапам научного познания (ему предшествуют такие простые операции, как фиксация размещения и территориальных различий объектов, а затем, на следующих этапах, изучаются горизонтальные связи, территориальные комплексы и системы, пространственная морфология и пространственные процессы, высшая ступень — выход на территориальное управление [см.: Ткаченко,

Файбусович, 1994]), он обладает несомненными достоинствами, поскольку в его рамках могут быть сформулированы эмпирические обобщения, которые, согласно В. И. Вернадскому, по достоверности равны наблюдаемому факту [см.: Гумилев, 1989].

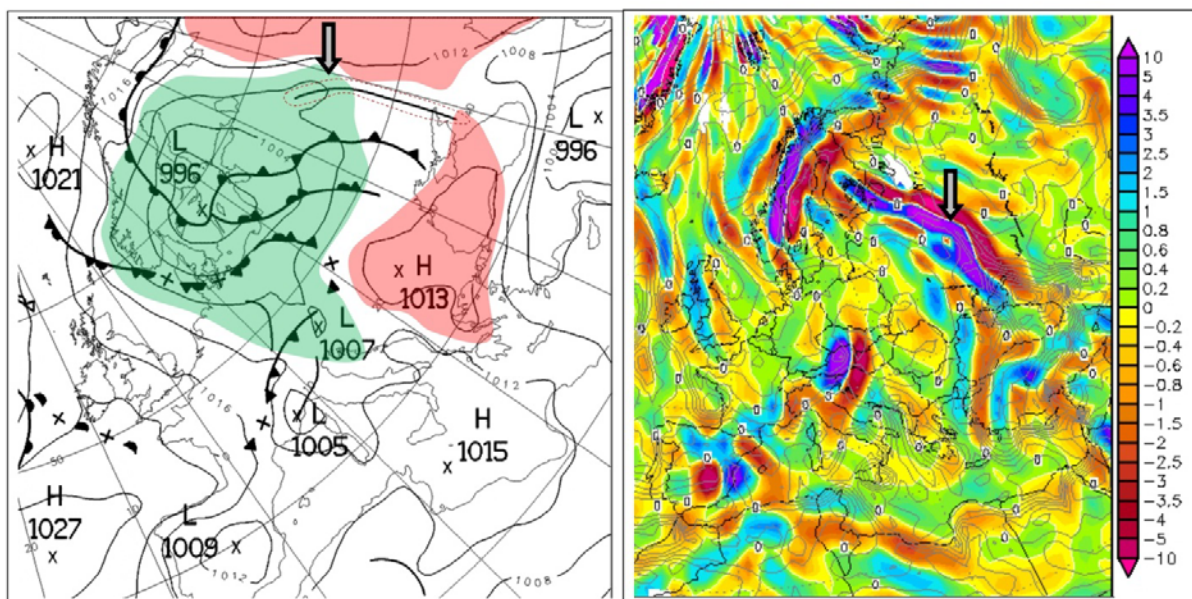
Факторы и закономерности развития пожаров в Мещёрской природной провинции

Применяемые в настоящее время методы структурно-морфологического профилирования и радиоуглеродного датирования торфяных отложений направлены на изучение временных закономерностей развития торфяников, а пространственные оценки распространения пожаров данными методами получить крайне затруднительно. В этой связи, несмотря на кажущееся обилие информации, до сих пор остаются плохо изученными ландшафтно-геоморфологические закономерности пирогенеза, в том числе наличие территорий, наиболее и наименее подверженных пирогенному поражению при климатических колебаниях в течение голоцена. Несмотря на регулярно повторяющиеся пирогенные кризисы (которые в условиях южной Мещёры достаточно четко соответствуют известному с XIX века брикнеровскому циклу засух и чередуются каждые 30–45 лет, в среднем 35–40 лет), достаточно подробные данные о развитии пожарных обстановок во времени имеются лишь для нескольких последних, начиная со второй половины XIX века, когда на регулярной основе стали учитываться и картироваться лесные ресурсы. Однако наиболее подробные сведения такого рода имеются лишь для пожаров, произошедших в начале XXI века, когда для лесного мониторинга активно применялись и распространялись в сети Интернет данные ежедневной космической съемки. В этой связи весьма информативны сведения о летних пожарах 2010 года. Эти сведения, кроме обеспеченности данными дистанционного зондирования, отличались также наибольшим пространственным охватом — по крайней мере, за последние полтора столетия (в частности, пожары 1890–1891 годов охватили примерно 9 тыс. га [см.: Панков, 1984], что более чем в 20 раз меньше, чем в 2010 году).

Прежде чем переходить к анализу геолого-геоморфологических факторов пожаров, подчеркнем, что их реализация осуществлялась в определенной синоптической обстановке и при иных погодных условиях не могла бы произойти. При этом лесные пожары всегда развиваются нелинейно: периоды медленной эволюции очагов возгорания сменяются короткими этапами взрывного роста пирогенеза и выходом его из-под контроля [см.: Залесов, 2021]. Так, критическая ситуация с распространением пирогенеза сложилась во второй половине дня 29 июля 2010 года (рис. 1), когда верховые пожары разрастались с ураганной скоростью, в результате чего были частично или полностью уничтожены многие населенные пункты: за счет распространения огня из природных очагов — Ласковский, Требухино, Передельцы, Култуки, Шехмино, по техногенным причинам (аварии трансформаторов) — Картаносово и Криуша.

Первичной предпосылкой такой активизации пирогенеза явилось характерное синоптическое положение барических систем (предваряемое длительным жарким и сухим периодом) — приближение к центру России прибалтийского циклона с фронтальными зонами, что вызвало некоторое отступление блокирующего поволжско-уральского антициклона к востоку, ослабление антициклональной инверсии, увеличение горизонтального барического градиента и резкую активизацию фронтогенеза от Финского залива до Западного Кавказа, включая и центр Русской равнины (рис. 2). Идентичная синоптическая обстановка наблюдалась в начале августа 1936 года, и, очевидно, в иные пожароопасные периоды может считаться одной из устойчивых предпосылок катастрофических пожаров.

Вечером 29 июля 2010 года грозовой фронт циклона, предваряемый предфронтальной зоной конвективной неустойчивости, прошел через территорию Рязанской области. При этом значительных осадков не было, но проявили себя иные атмосферные явления, сопутствующие холодным атмосферным фронтам 2-го рода, — в первую очередь, шквалистое усиление ветра и постоянная смена его направлений. Так, примерно в 19:00 в соответствии с известными синоптическими закономерностями [см.: Хргиан, 1969 ; Зверев, 1977] синхронно в нескольких пирогенетических очагах произошло изменение направления ветра с восточного или юго-восточного на западо-северо-западное (то есть примерно на 110°), вследствие чего огонь резко отвернул от уничтоженного ранее поселка Передельцы, но через несколько часов достиг Шехмина и Култуков (рис. 3).



а) барические образования и атмосферные фронты **б) фронтогенетический параметр Петтерсена**
 красным – антициклоны, зеленым – циклоны
 Пунктиром обведена зона конвективной неустойчивости перед холодным фронтом
 (темп изменения градиента потенциальной температуры)
 Область положительных значений – зона фронтогенеза

Рис. 2. Синоптическая обстановка в Атлантико-Европейском секторе вечером 29 июля 2010 года, создавшая условия для развития катастрофических пожаров в рязанской Мещёре (положение Мещёрской низменности отмечено стрелкой); [сост. по: Archiv-Version des Animationstools ...]

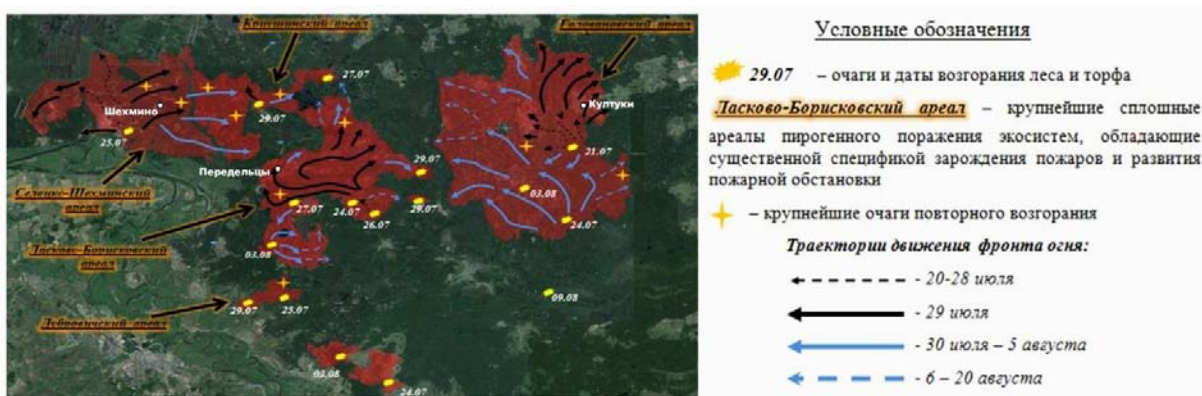


Рис. 3. Очаги первичного возгорания в Южной Мещёре в июле-августе 2010 года, развитие пожарной обстановки и интегральный пространственный эффект пирогенеза (подписаны населенные пункты, наиболее пострадавшие при пожарах)

Анализируя первичные очаги возгорания леса и торфа (рис. 1 и 3), мы обратили внимание на пространственную неоднородность данных очагов и их приуроченность к экосистемам разного типа: как болотным, так и лесным автоморфным, а также полуболотным. Однако, как выяснилось в ходе сопряженного анализа пирогенеза и ландшафтной структуры, данные очаги, несмотря на пространственные и экологические различия, объединяются геолого-геоморфологическими условиями, а именно — приуроченностью к характерным элементам погребенного доюрского палеорельефа Мещерской низменности: тальвегам эрозионных врезов в палеозойские известняки, в дальнейшем перекрытые юрскими глинами и алевролитами, а также четвертичными песками, легкими суглинками и органогенными отложениями (на некоторых участках

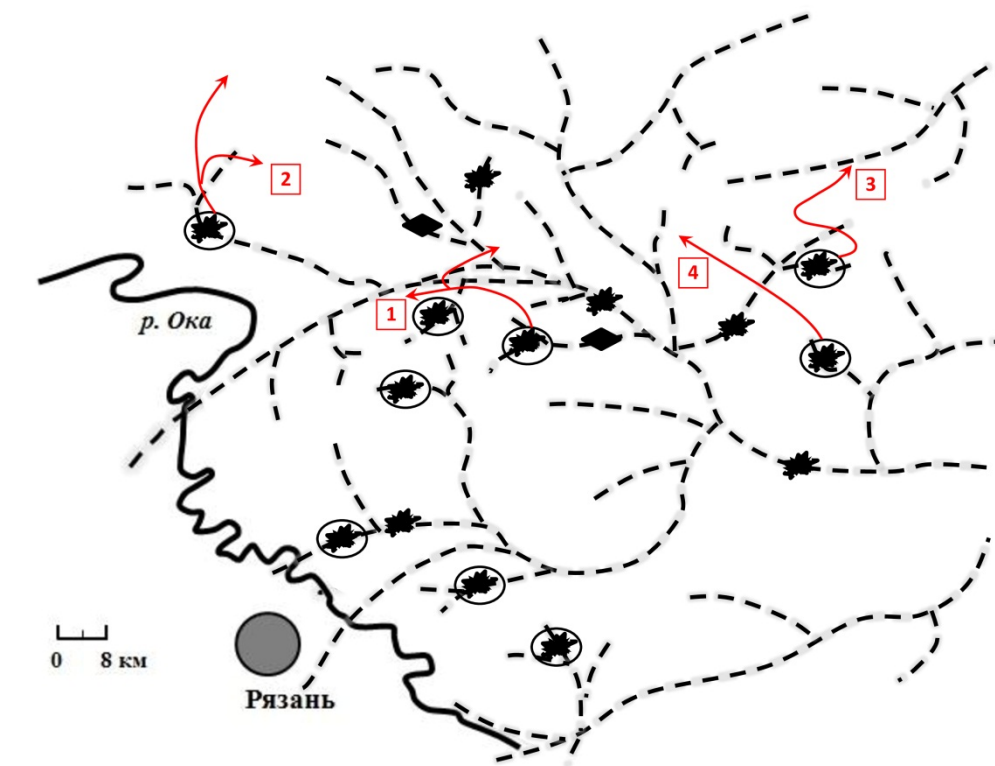
Мещёры также и меловыми песками, которые, впрочем, в кайнозой были в основном размыты, в отличие от юрских пород, формирующих региональный водоупор).

Как показано на рисунке 4, пространственное соответствие всех первичных очагов возгорания леса и торфа структуре пермо-триасовой эрозионной сети практически абсолютное. Подавляющее большинство очагов (за исключением двух однозначно техногенных, вызванных авариями на местных трансформаторах в селах Криуша и Картаносово) можно признать условно природными (обусловленными, очевидно, в том числе и самовозгоранием сухого торфа, возможность которого в последнее время все меньше отрицается см.: [Залесов, 2021], особенно в условиях антропогенных нарушений торфяных залежей при мелиорации). Важной предпосылкой развития таких очагов явилось мелиорирование без должного внимания к двустороннему регулированию водного режима в условиях меняющегося климата (переосушение).

Последнее обстоятельство, на наш взгляд, сформировало еще одну пространственную закономерность пирогенеза, характерную для засухи 2010 года: как видно из рисунка 4, максимальный масштаб последствий и наибольший пространственный охват отмечался для пожаров, распространявшихся из приводораздельных очагов в самых верхних звеньях пермо-триасовой эрозионной сети, а пожары с гипсометрически ниже расположенными очагами обычно быстрее затухали в пространстве или формировали небольшие изолированные контуры выгорания, тем самым возрастал пространственный контраст между пирогенным потенциалом разных высотных уровней погребенного рельефа. Единственным исключением из данного правила явился пирогенный очаг на так называемых «болонских разливах» (самый северный на картосхеме): здесь препятствием для распространения пожара послужила особенно густая сеть каналов, соединенных с озером Великим, вследствие чего они уцелели от полного пересыхания. Очевидно, данная закономерность была обусловлена ускоренным падением влагосодержания субстратов на приводораздельных территориях под влиянием мелиоративного переосушения, а в нижних звеньях погребенной эрозионной сети некоторые запасы влаги, достаточные для воспрепятствования распространению огня, еще сохранялись.

Столь тесная взаимосвязь очагов первичного возгорания в Мещёрских экосистемах с морфологическими неоднородностями погребенного рельефа, причем именно доюрского, на наш взгляд, закономерна и обусловлена вполне очевидными геофизическими факторами. Первичной предпосылкой ландшафтно-геофизических неоднородностей, порождаемых погребенной поверхностью палеозойских известняков, является их повышенная плотность. Как следует из рисунка 5, удельный вес палеозойских отложений (известняки и доломиты московского яруса среднего карбона, формировавшиеся в условиях экваториальных и субэкваториальных морей [см.: Государственная геологическая карта ... , 2021]) — самый высокий в пределах Мещёрской низменности: он в 1,4 раза превышает плотность перекрывающей толщи юрских субтропических морских осадков и в 1,8 раза — плотность четвертичных континентальных песков, слагающих современную топографическую поверхность.

Таким образом, к фактору низкой контрастности голоценового рельефа Мещёры, сильно затрудняющей отток избыточной влаги и стимулирующей заболачивание, добавляется и относительно малая плотность поверхностных отложений, формирующих геоморфологические неоднородности дневной поверхности. В то же время породы повышенной плотности способны создавать локальные гравитационные аномалии ландшафтного уровня и существенно влиять на динамику поверхностных и грунтовых вод [см.: Философов, 1960]: положительные структуры рельефа (в том числе погребенного) стимулируют отток влаги и формирование автоморфных экосистем, а отрицательные (в частности, погребенные тальвеги водотоков) способствуют заболачиванию и накоплению органогенных отложений. В условиях на порядок большей контрастности погребенного рельефа по сравнению с современным и на фоне преобладания нисходящих новейших и современных тектонических движений в пределах Мещёрской низменности [см.: Государственная геологическая карта ... , 2021] морфология погребенных структур становится более значимым геофизическим фактором, определяющим ландшафтно-гидрологические процессы, по сравнению с голоценовым рельефом. При этом более глубоко залегающие, но более плотные и, соответственно, более гравитационно значимые палеозойские известняки способны оказывать определяющее геофизическое воздействие на современные ландшафтные процессы. В этой связи четкое соответствие пирогенных очагов и пространственных форм доюрского рельефа следует признать вполне закономерным.



1 – в Передельцы и Ласковский (29.07.2010) 3 – в Култуки + урочище Курша 2-я (30.07.2010)
2 – в Шехмино (30.07.2010) 4 – в Голованово и Ольгино (август 2010)

- наиболее вероятное положение пермо-триасовых эрозионных тальвегов (врезов в кровлю известняков среднего карбона)
- первичные очаги лесоторфяных пожаров в июле – августе 2010 г. на природных территориях
- первичные очаги возгораний с широкой последующей экспансией в пространстве
- схематичные траектории наиболее разрушительных верховых пожаров
- пожары техногенного генезиса (аварии на трансформаторах) с выходом возгораний за пределы населенных пунктов (Криуша, Картаносово)

Рис. 4. Приуроченность первичных очагов лесоторфяных пожаров 2010 года к тальвегам погребенной пермо-триасовой эрозионной сети

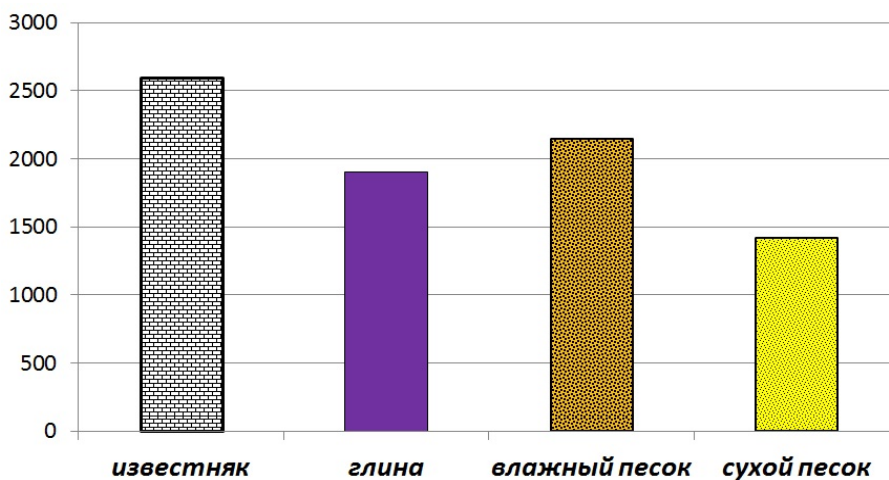


Рис. 5. Удельный вес горных пород, наиболее распространенных в рязанской части Мещёрской низменности, как фактор формируемых ими местных аномалий поля силы тяжести [см.: Тобратов, Железнова, 2024]

При этом максимальная пожароопасность характерна для ландшафтных субъединиц, соответствующих тальвегам доюрских эрозионных форм, унаследованных современным — плейстоценовым и голоценовым — рельефом (рост пирогенного потенциала в контурах врезов в кровлю юрских глин, не унаследованных от пермо-триасового времени, также наблюдается, но по обсуждавшимся выше геофизическим причинам не является общим правилом). Для указанных тальвегов типично развитие переувлажнения и анаэробных геохимических обстановок в современных ландшафтах, при которых распространенность микроорганизмов, осуществляющих деструкцию органики, падает примерно на порядок по сравнению с автоморфными геохимическими позициями [см.: Зайдельман, 2009]. Вследствие этого в таких местоположениях развиваются органические аккумуляции и формируются залежи торфа различной мощности, а на их периферии — менее мощные, но столь же потенциально пожароопасные накопления перегноя и медленно разлагающихся подстилок. В течение большей части лет при избыточном или близком к среднему атмосферном увлажнении гидроморфизм сырых и заболоченных понижений отнюдь не является фактором, стимулирующим пирогенез: органические субстраты находятся в постоянно увлажненном состоянии, а накопление влаги в понижениях, наоборот, предотвращает и блокирует распространение огня от природных и антропогенных источников (молнии, костры и т. д.). Однако при длительном дефиците увлажнения развивается иссушение накопленных ранее органических толщ, вследствие чего их ландшафтная функция меняется на противоположную: они становятся источниками и каналами пирогенного поражения мещёрских ландшафтов.

Следует отметить, что экстремально засушливые годы в климатических условиях Мещёрской низменности повторяются достаточно регулярно и с высокой в масштабе голоцена частотой: наиболее значительные эпизоды аридизации наблюдаются каждые 30–45 лет, в среднем 35–40 лет (брикнеровский цикл засух), а менее значительные — еще чаще, каждые 7–12 лет [см.: Динамика влажности почв заповедных участков лесостепи ... , 2017]. Подчеркнем, что данный тип природной цикличности характерен для климата юга и юго-востока Русской равнины и в других регионах может быть иным. Тем не менее Мещёрская низменность, экранированная от адвективного влияния влажных и прохладных атлантических воздушных масс Среднерусской и Смоленско-Московской возвышенностями, открыта для проникновения континентальных масс с юго-востока (такое проникновение канализируется субмеридиональной Окско-Донской равниной, северной периферией которой фактически и является Мещёра), поэтому для нее характерен «континентальный» тип цикличности. Геофизическими предпосылками указанной цикличности являются полупериоды квази-70-летнего и 18,6-летнего циклов, обусловленных колебаниями приливного влияния Луны на земные геосферы при подчиненной роли солнечной активности (циклы Хейла и Швабе). Тем самым периодически повторяющееся аномальное развитие блокирующих антициклонов — основных источников засух — обеспечивается внешними космофизическими воздействиями на Землю, которые действуют с определенной регулярностью и провоцируют кратковременные, но значительные отклонения в протекании синоптических процессов от зональной нормы, вследствие чего направленность и интенсивность ландшафтно-гидрологических процессов на наиболее уязвимых участках может принципиально меняться.

При наличии «амортизирующих» факторов ландшафтные изменения в ответ на экстремальные колебания климата не были бы столь значительными, как в условиях малоконтрастного низинного рельефа Мещёры. Однако мещёрские ландшафты характеризуются дефицитом таких внутренних «амортизирующих» механизмов, что обусловлено свойствами их литогенной основы.

Как известно [см.: Природный потенциал ландшафтов Рязанской области, 2011 ; Государственная геологическая карта ... , 2021], Мещёрская низменность вследствие преобладания нисходящих тектонических движений с начала неоплейстоцена являлась аккумулятором песчаных толщ водно-ледникового и озерно-аллювиального генезиса. Наиболее значительные аккумуляции связаны с деградацией среднееоплейстоценовых ледниковых покровов, стоявших «у ворот» рязанской Мещёры. Песок обладает неблагоприятными гидрофизическими свойствами: высокой водопроницаемостью, низкой водоудерживающей и слабой водоподъемной способностью [см.: Инженерная мелиорация, 2018]. По этой причине выпадающая на поверхность песчаных равнин атмосферная влага легко проникает в глубь песчаной толщи, увеличивая уровень грунтовых вод (УГВ) и приводя к росту гидроморфизма на обширных территориях даже вопреки климату (например, при коэффициенте увлажнения, близком к единице, как в Мещёре).

При этом не происходит развития геоморфологических систем, обеспечивающих поверхностный сток влаги: на песчаных равнинах эрозионная сеть остается недоразвитой, контрастность рельефа — низкой, а песчаные формы рельефа сохраняют высокую литоморфную консервативность на протяжении десятков тысяч лет [см.: Анненская, Мамай, Цесельчук, 1983]. Незрелость дренажной сети и высокий УГВ обеспечивают развитие заболачивания в доголоценовых эрозионных понижениях, что типично для мешёрских ландшафтов.

Подчеркнем, что в условиях господства песчаных субстратов это неизбежно, поскольку даже в засушливых регионах аллювиальные песчаные равнины (например, обширные плейстоценовые террасы в низовьях Дона) отличаются постоянным приповерхностным положением УГВ и гидроморфизмом местных понижений при значительном дефиците грунтовой влаги на окружающих степных суглинистых равнинах, что в аридном климате определяет тяготение людей к ландшафтным обстановкам песчаных террас на протяжении многих тысячелетий [см.: Гумилев, 1989 ; Польшин, 1927].

Однако при экстремальной засухе гидрофизические свойства песка, ранее способствовавшие переувлажнению, препятствуют сглаживанию ландшафтных последствий длительного дефицита осадков. Так, малококонтрастный песчаный рельеф не способен обеспечить эффективное перераспределение грунтовых вод от местных возвышений к иссушающимся органогенным накоплениям в понижениях. При этом такое иссушение и в целом сработка УГВ вследствие эвапотранспирации происходят достаточно быстро из-за низкой водоудерживающей способности песка. Органические субстраты теряют влагу при длительных засухах медленнее, однако эта потеря оказывается необратимой, поскольку водоподъемные свойства торфа почти столь же низки, как и у песчаных субстратов — в 2–3 раза меньше, чем в суглинистых и глинистых породах [см.: Инженерная мелиорация, 2018]. В этих условиях длительная и глубокая засуха неизбежно увеличивает риск возникновения и распространения пожаров, причем наиболее обильные запасы ЛГМ приурочены к отрицательным структурам современного и погребенного рельефа, которые при средних климатических условиях, наоборот, характеризуются максимальным гидроморфизмом. Таким образом, перигляциальные песчаные аккумуляции на сниженной морфотектонической ступени Мещёрской природной провинции явились ключевым фактором одного из важнейших свойств мешёрских географических ландшафтов — тесной и деструктивной зависимости их функционирования от климатических колебаний.

Тем не менее далеко не каждая засуха может приводить к масштабным пожарам, уничтожающим экосистемы на площади в десятки и сотни тысяч гектаров. Такие пожары постепенно вошли в норму в Мещёре с конца XIX века (после работ известной экспедиции генерал-лейтенанта И. И. Жилинского) и стали следствием осушительных мелиораций [см.: Краткий очерк ... , 1896]. В средние и избыточные по увлажнению годы мероприятия по осушению Мещёры, безусловно, благоприятны и приводят к росту продуктивности ландшафтов [см.: Там же ; Зайдельман, 2009], которая, в свою очередь, является ключевым фактором и индикатором информационной емкости, уровня развития и устойчивости природных систем [см.: Авессаломова, 1992]. Однако в экстремально аридные годы роль однонаправленного осушения становится отрицательной, поскольку многократно усугубляет рассмотренные выше гидрофизические проблемы, изначально присущие песчаным и торфяным субстратам. В условиях малококонтрастных песчаных равнин Мещёрской низменности любая мелиоративная система должна включать модули, обеспечивающие не только отвод влаги, но и ее сохранение или даже обратный ток при недостатке атмосферного увлажнения, а также промежуточные резервуары-накопители дренажных вод. Тем самым рационально организованные мелиоративные системы обязаны восполнять дефицит природных факторов, способных сглаживать влияние климатических колебаний, повышать автономность и интенсивность функционирования ландшафтов (то есть способствовать их прогрессивному развитию). Катастрофические последствия пожаров последних 150 лет и их неравномерность в пространстве были во многом обусловлены переосушением обширных территорий южной Мещёры и свидетельствуют об отсутствии должной рациональности мелиоративных мероприятий.

Данный тезис, в частности, иллюстрируется результатами гидрометрических измерений, проведенных нами в июле 2010 года непосредственно накануне наиболее пожароопасного периода. Как видно из рисунка 6, в бассейнах наиболее глубоко мелиорированных мешёрских водотоков малых рек Кадь, Белая и Кельца (последняя, вследствие абсолютного преобладания искусственных сооружений в ее пойме, со времен И. И. Жилинского именуется Кельцевской

канавой) модуль летнего меженного стока летом 2010 года превышал $0,4-0,5$ л/с×км², что почти на порядок выше мешёрской зонально-региональной нормы.

В связи с коренным мелиоративным преобразованием мешёрских ландшафтов эту норму количественно оценить крайне сложно, однако адекватным приближением к такой оценке, по нашему мнению, могут служить результаты наших измерений поверхностного стока в бассейне реки Совки к северо-западу от города Спас-Клепики. В отличие от упомянутых трех водотоков в южной Мещёре, водорегулирующий затвор в низовьях Совки в конце июля 2010 года в целях предотвращения избыточной утечки влаги из бассейна был полностью перекрыт, вследствие чего скорость течения в ее притоках упала до минимально возможной величины, которая, по-видимому, наблюдалась бы при засухе в природных условиях (то есть при отсутствии искусственной дренажной сети). Указанная величина, согласно нашим измерениям, проведенным 31 июля 2010 года (в период катастрофического обострения пожарной обстановки), составила $0,05$ л/с×км² (рис. 6).

Мы полагаем, что данная интенсивность водообмена может служить количественным критерием высокой гидрофизической устойчивости мешёрских ландшафтов к засухе: в рационально организованных мелиоративных системах в засушливые годы данную величину нельзя существенно превышать, снижая утечки влаги при помощи шлюзования — перекрытия живого сечения каналов плоскими затворами и иными стокорегулирующими устройствами. Считаем вполне очевидным, что разрушительные последствия пожаров 2010 года и, в меньшей степени, 1972, 1936 и 1890–1891 годов были во многом обусловлены отсутствием должного учета геолого-геоморфологических особенностей мешёрских ландшафтов при осушительных мелиорациях.

Примечательно, что весьма близким к указанной зонально-региональной норме оказался меженный сток в бассейне реки Ураж, несмотря на давнюю историю осушительных мелиораций в его пределах (он был одним из первых объектов в Мещёре, затронутых работами экспедиции Жилинского [см.: Краткий очерк ... , 1896]). При проведении гидрометрических работ нам стала вполне очевидной причина столь низкого меженного водообмена в данном бассейне по сравнению со смежными территориями: она заключалась в заброшенности мелиоративной системы реки Ураж, что сделало возможным существование здесь целого каскада бобровых плотин (рис. 7). Тем самым биогенные формы рельефа — бобровые геоморфологические комплексы — предотвратили переосушение поверхностных субстратов в бассейне реки Ураж, что обеспечило существенно меньшее повреждение его экосистем пожарами. Сохранившиеся в низовьях реки Ураж леса по-прежнему резко контрастируют с окружающими, медленно зарастающими горельниками.

Обработка и обобщение пространственно распределенных данных по очагам возгорания в Мещёре летом 2010 года позволили нам установить, что максимальная пожароопасность характерна для двух типов отрицательных элементов современного рельефа, унаследованного от доюрских эрозионных форм: во-первых, тальвегов обширных палеодолин (в частности, для интенсивно заболоченных контуров эоплейстоценовых русел пра-Оки, оставленных современными флювиальными процессами [см.: Кривцов, Воробьев, Комаров, 2016]); во-вторых, для приводораздельных пространств со значительной густотой и глубиной позднеплейстоценовых эрозионных форм первого и второго порядка, также в значительной мере дублирующих тальвеги низкопорядковых палеозойских врезов (в настоящее время к таким пространствам приурочены верховые болота).

Оба охарактеризованных выше типа потенциальных источников пирогенеза трассируются линией профиля, заложенного вдоль северо-восточного борта Рязано-Саратовского авлакогена (рис. 8). Детальные данные геологического бурения на Красном болоте, иллюстрирующие крайнюю неравномерность торфяной залежи и наличие достаточно глубоких низкопорядковых эрозионных форм, субпараллельных тальвегам пермо-триасовых погребенных палеоврезов, представлены на рисунке 9.

Из рисунков 8 и 9 вполне очевидно убывание контрастности рельефа Мещёры с течением времени: перепады абсолютных высот доюрской погребенной поверхности в контурах урочища Красное болото превышают 30 м, доплейстоценовой (кровля юрских глин) составляют 10–11 м, доголоценовой (песчаное ложе торфяного массива) — 5–9 м, современной поверхности торфа — менее 1 м. Тем самым очевидна направленность геоморфологической эволюции Мещёры в сторону уменьшения перепадов высот, чему в голоцене весьма способствуют торфяные аккумуляции (данный аспект биогенного рельефообразования определяет сейчас «функциональный инвариант» Мещёрской природной провинции), что еще больше увеличивает потенциальные деструктивные последствия циклической аридизации регионального климата.

Если, как видно из вышеизложенного, пространственное размещение крупнейших первичных пирогенных очагов в мещёрских экосистемах обусловлено геолого-геоморфологическими условиями (в первую очередь морфологией погребенной поверхности палеозойских известняков), то направление и скорость распространения огня из этих очагов также неслучайны и прямо или косвенно контролируются геоморфологическим и антропогенным факторами. Указанные факторы обуславливают наличие «путей наименьшего сопротивления» для распространения огня, на которых наиболее вероятен переход низовых пожаров в верховые и особенно быстрое и масштабное распространение пирогенеза с поражением огромных площадей лесных экосистем. В условиях малоконтрастного рельефа Мещёрской низменности геоморфологические неоднородности лишь иногда могут выступать в качестве прямых факторов пирогенеза, как канализируя фронт распространения огня, так и выступая в качестве препятствий и разрывая кромку пожара. Главным образом, геолого-геоморфологическое влияние в данном случае бывает косвенным и проявляется через неоднородности растительного покрова.

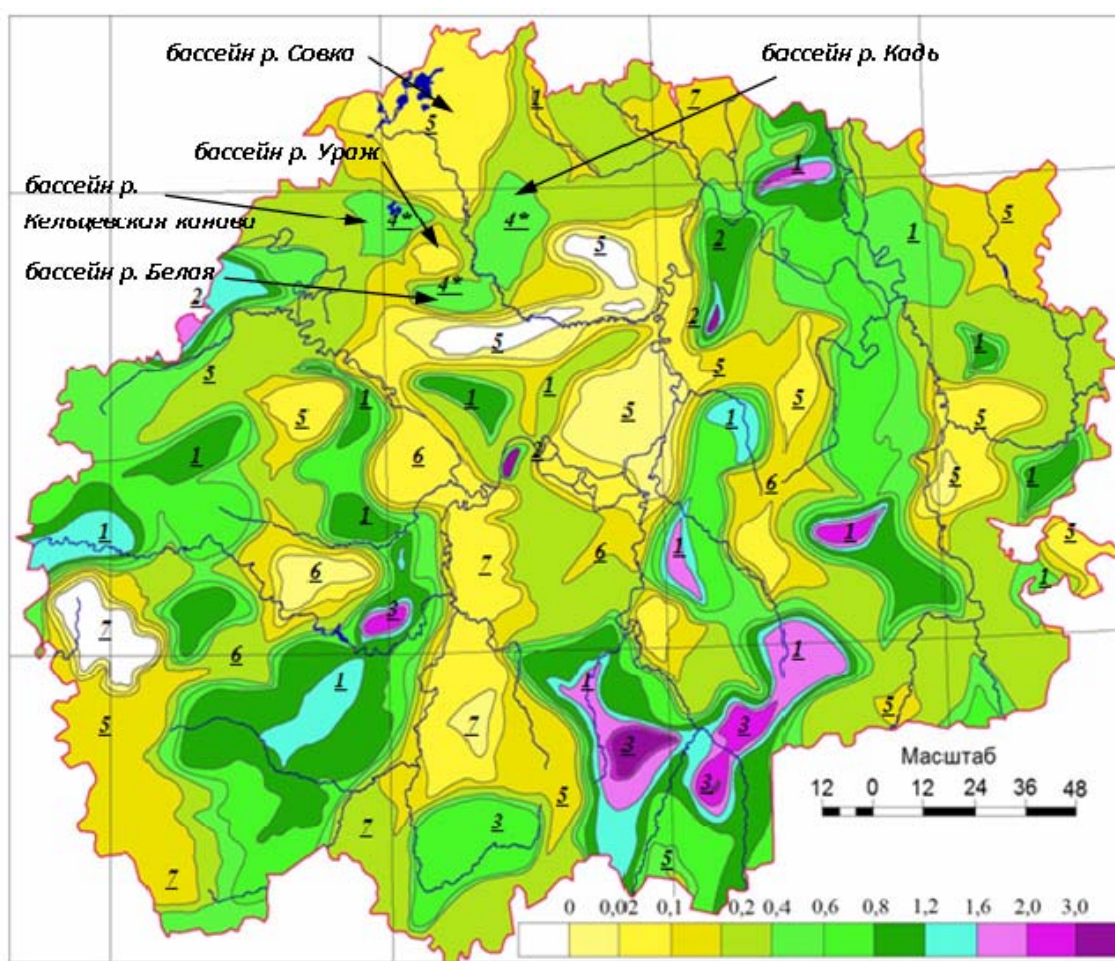


Рис. 6. Модуль летнего межennaleго стока (л/с/км²) в различных ландшафтных условиях; данные получены в июле-августе 2010 года [сост. по: Природный потенциал ландшафтов Рязанской области, 2011]

Примечание. Цифрами показаны наиболее характерные ландшафтные условия, определяющие неоднородность межennaleго стока:

– способствуют росту стока: 1 — границы тектонических структур; 2 — то же, в условиях выраженных разнонаправленных вертикальных движений соседних структур; 3 — районы широкого распространения западин на водоразделах и надпойменных трассах; 4 — широкая сеть мелиоративных каналов на торфяниках Мещёрской низменности;

– способствуют снижению стока: 5 — отрицательные тектонические структуры, пологие крылья складок; 6 — инверсионные структуры рельефа (в том числе камовые поля); 7 — водопроницаемые породы (известняки).

* — основные очаги верховых и низовых пожаров в Мещёре летом 2010 года (в том числе в районах, практически не посещаемых туристами — вероятное самовозгорание).



Рис. 7. Бобровая плотина в старом русле реки Ураж около поселка Лесохим (сентябрь 2025 года)

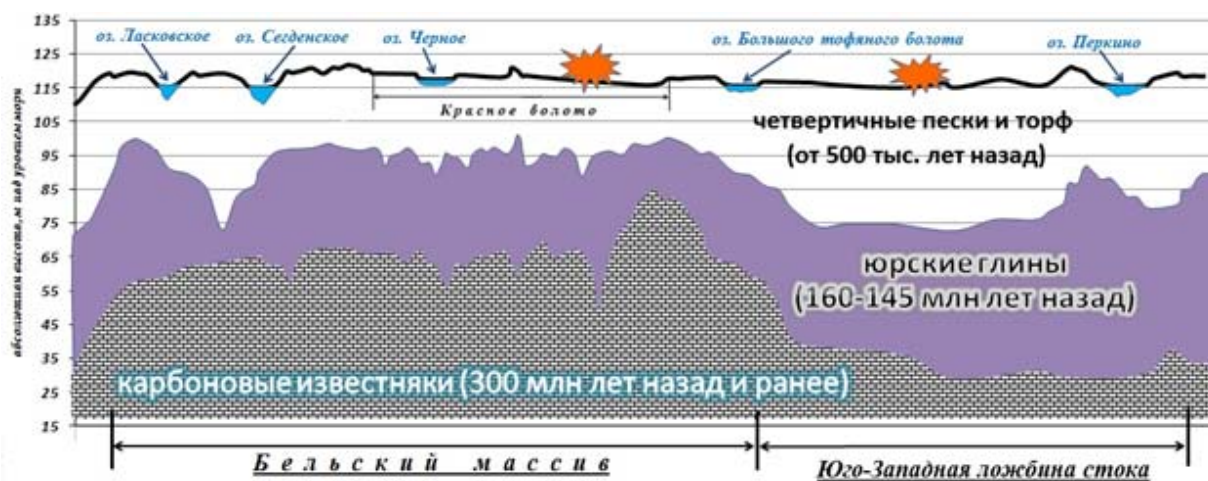


Рис. 8. Первичные очаги возгорания торфа в июле-августе 2010 года на линии геолого-геоморфологического профиля по линии разлома, порождающего «Главную озерную полосу» южной Мещёры (сост. по: [Тобратов, Железнова, 2024])

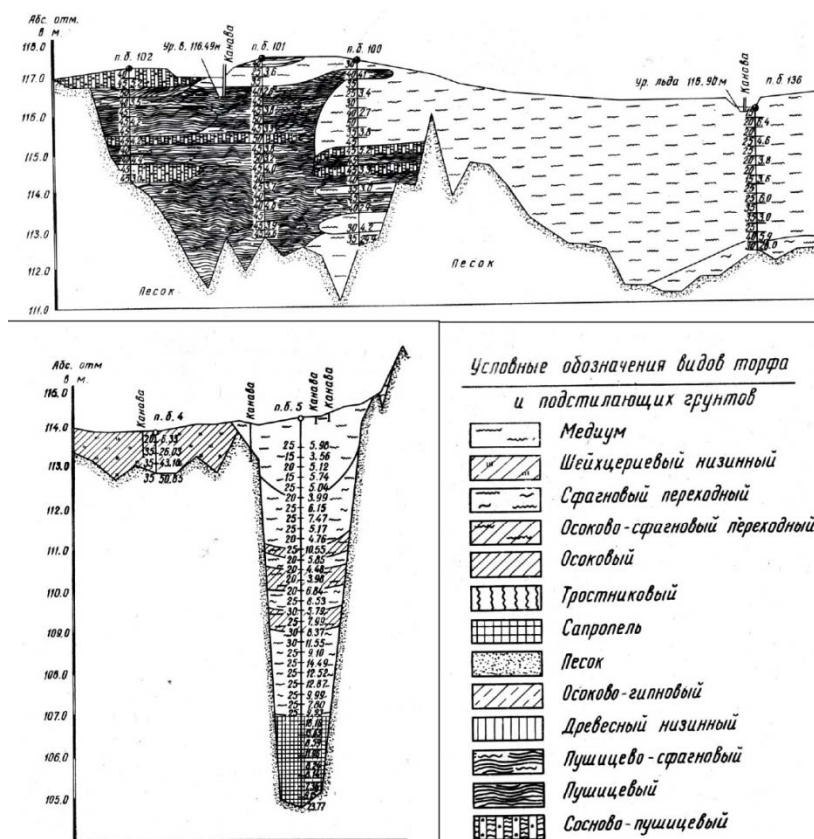


Рис. 9. Структура торфяной залежи и рельеф ложа Красного болота по результатам детального бурения [см.: Торфяной фонд ... , 1967]

Так, в геоморфологических условиях Мещёрской низины древесная растительность выступает в качестве рельефоподобного образования (своеобразного «рельефоида», по аналогии с инженерными сооружениями) — морфологической неоднородности ландшафтного покрова, не состоящей из литосферных компонентов и обладающей значительно меньшим характерным временем существования, но столь же эффективно канализирующей миграционные процессы, в том числе влияющей на ветровой режим. Ветроломная функция древесной растительности известна давно и в настоящее время активно учитывается при лесомелиорации, проектировании санитарно-защитных зон предприятий и в ландшафтном планировании [см.: Колбовский, 2008].

Эмпирические материалы 2010 года и имеющиеся менее регулярные сведения о распространении пожаров при засухах в XX веке позволяют заключить, что наиболее значительные пожары, распространяющиеся из пирогенных очагов, связаны с канализированием пирогенеза в контурах низкобонитетных и редкостойных лесов, в которых ветровые потоки могут достигать наивысших скоростей. В то же время сомкнутые плотные опушки лесных массивов в благоприятных метеоусловиях препятствуют распространению пожаров. При этом функцию, аналогичную природным низкобонитетным лесам, которые приурочены к естественным гидроморфным понижениям рельефа (косвенная роль геоморфологического фактора), выполняют каналы и антропогенные вырубki, созданные для мелиоративных, транспортных, военных целей и при лесозаготовках (прямая роль антропогенного фактора).

Особую опасность при пожарах приобретают длинные прямые неоднородности растительного покрова вдоль линейных форм антропогенного рельефа — дорожных насыпей и дренажных каналов, которые при неблагоприятном сочетании метеоусловий могут совпадать с направлением ведущего потока в атмосфере. В Мещёре одной из важнейших таких неоднородностей являются просеки вдоль путей бывшей Рязанско-Владимирской узкоколейной железной дороги («Мещёрской магистрали»): даже после ее упразднения в 2011 году они до сих пор сохраняют значительную ширину (рис. 10) и, что важно, прямолинейную конфигурацию на

многих участках-перегонах (в отличие от грунтовых и шоссейных дорог, повторяющих извилистую форму локальных положительных форм рельефа — верей). Такая прямолинейность нивелирует естественный фактор устойчивости мещёрских ландшафтов к пирогенезу — геоморфологическую хаотичность (фрактальная геометрия рельефа Мещёры, как известно, близка к белому шуму [см.: Пузаченко, 1997]), которая в природных условиях за счет кинематической вязкости «транслируется» в атмосферу. Это, в свою очередь, хаотизирует атмосферные движения и снижает вероятность формирования мощных однонаправленных воздушных потоков в рамках систем глубокой конвекции, которые обычно и порождают самые разрушительные и большие по площади пожары [см.: Залесов, 2021].

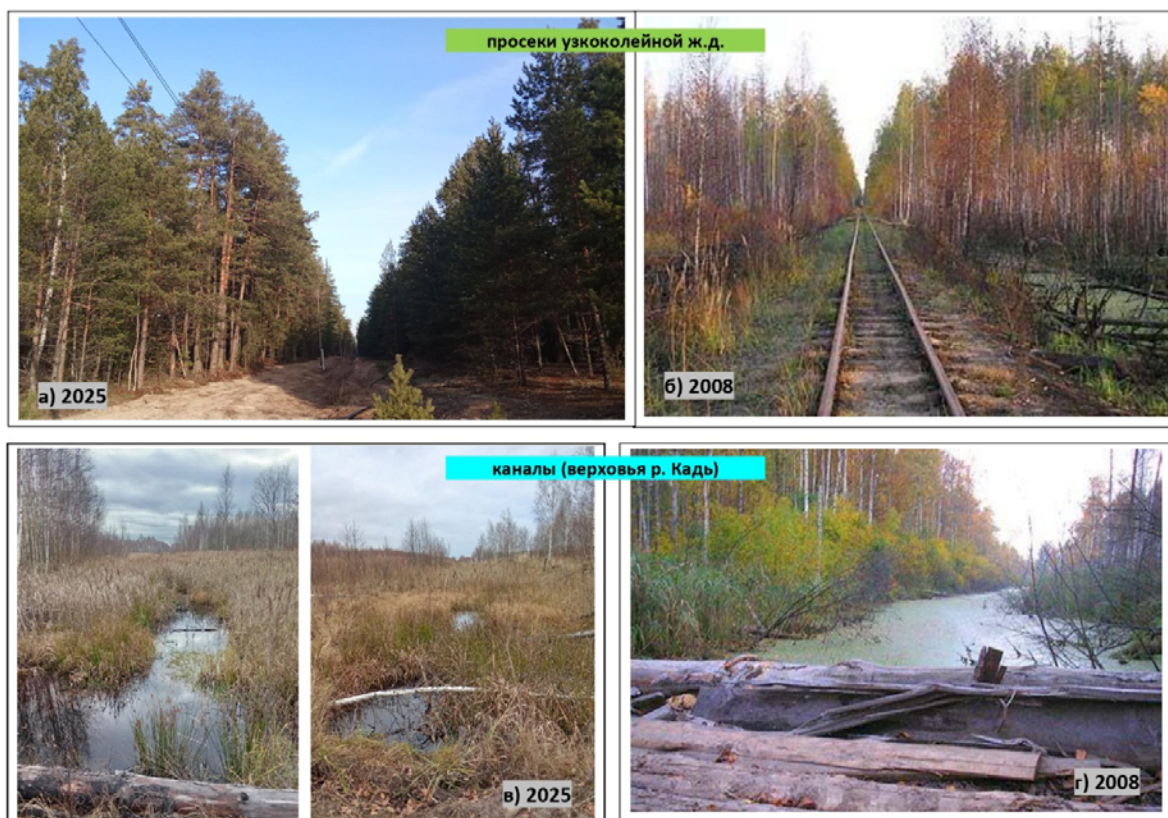


Рис. 10. Линейные элементы антропогенного рельефа Мещёрской низменности и сопровождающие их изменения растительного покрова

Примечание: а — перегон Передельцы — Отводный (рельсы сняты, просека сохраняется); б — перегон Гуреевский — Курша 1-я (за 4 года до демонтажа); в — дерево-земляная гать на месте железнодорожного моста у бывшего поселка Курша 2-я (место гибели людей в пожаре 1936 года), состояние местности после пожаров 2010 и 2022 годов; г — то же, до пожаров (а и в: фото авторов статьи, б и г: [Экспедиция ...]).

Как известно [см.: Зверев, 1977 ; Хромов, Петросянц, 2001], латеральный перенос воздушных масс осуществляется под влиянием единственной активной силы, приводящей воздух в движение, — силы горизонтального барического градиента, а в пограничном слое (нижних 1,5 км) действие силы трения о неоднородную (шероховатую) поверхность приводит к торможению и отклонению ветра от линий тока в свободной тропосфере. При этом воздух в приземных слоях как бы тащится циркулирующими выше потоками, постоянно отставая от них, но при благоприятных возможностях выбирая путь наименьшего сопротивления для сокращения этого отставания. Древесная растительность — важный фактор торможения латеральных воздушных потоков, а узкие линейные безлесные участки — пути наименьшего сопротивления, локальные зоны конвергенции, что хорошо заметно, например, по концентрациям аэроионов [см.: Тобратов, Железнова, 2024]. Принципиальные отличия в скоростях ветра и, соответственно, в скоро-

стях распространения низовых пожаров под древесным пологом и на инкорпорированных в него открытых участках, занятых травяным покровом, могут быть охарактеризованы при помощи известных моделей [см.: Метод оценки минимального расстояния ... , 2012 ; Акимов, Бедило, Пуликов, 2025 ; Albin, Vaughman, 1979], расчеты по которым свидетельствуют о том, что, например, при скорости градиентного ветра над слоем трения 12 м/с и высоте главного полога соснового древостоя 25 м:

– приземный ветер на открытом месте (травяная пустошь) составляет 67 % от градиентного, ветер над пологом древесной растительности — около 40 %, а под кронами деревьев у поверхности почвы — менее 5 %;

– на травяной пустоши приземный ветер усиливается в 15,2 раза относительно подкромного пространства (без учета эффекта конвергенции).

Анализ метеорологических факторов пирогенеза в лесных ландшафтах (рис. 11) приводит к следующим выводам:

1) основным фактором, способствующим распространению пожаров в пространстве, является скорость ветра (на данный фактор наблюдается наиболее сильный и нелинейный отклик скорости движения огня);

2) пожары способны распространяться против ветра при условии, что его скорость не превышает 2 м/с;

3) при ветрах свыше 1,5 м/с наблюдается взрывное ускорение пожаров, данная величина может быть признана в качестве пороговой;

4) условия распространения огня определяются не только температурой, но и влажностью воздуха, что обеспечивает возможность ослабления и блокирования пожаров в микроклиматических условиях побережий местных водоемов;

5) пороговыми величинами, определяющими взрывную интенсификацию горения, являются 20 % и менее влагосодержания ЛГМ и 25 % и менее относительной влажности воздуха.

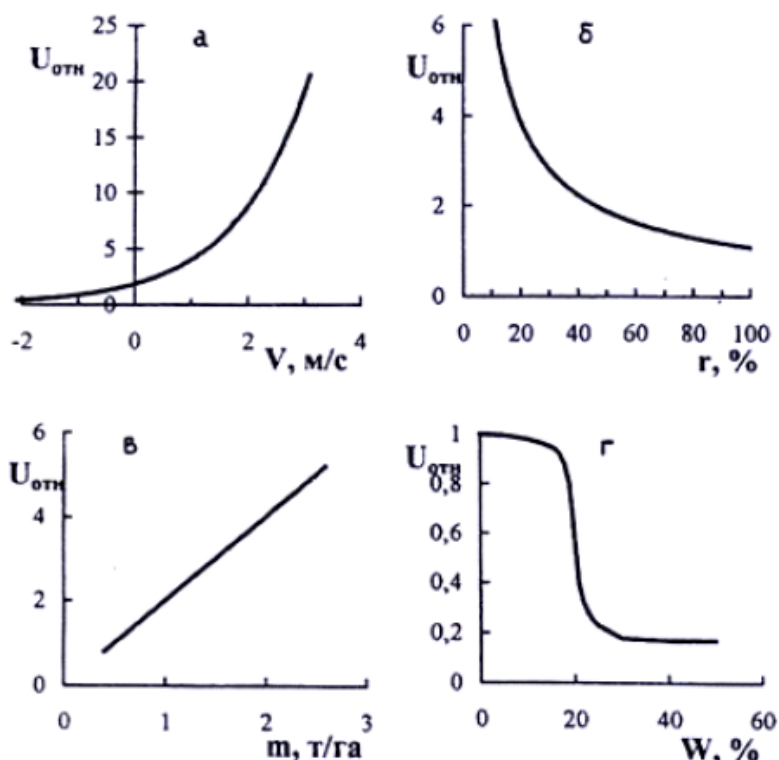


Рис. 11. Зависимость относительной скорости продвижения кромки низового пожара $U_{отн}$ от метеорологических факторов [см.: Софронов, 1965]

Примечание: а — скорость ветра, V ; б — относительная влажность воздуха, $г$; в — запас горючего материала, m ; г — влажность горючего материала, W .

*Верховые пожары 1936 года в центральной и южной Мещёре
как примеры реализации комплекса
природных и антропогенных факторов пирогенеза*

Данные по пожарам 2010 года выгодно отличаются возможностью анализировать их ранние стадии (в том числе пространственные отношения первичных очагов и геолого-геоморфологических структур), что было сделано выше. Однако паттерны контуров пирогенного поражения оказались в тот год весьма однообразными: вследствие избыточного осушения и отсутствия борьбы с очагами возгорания, а также сравнительно низких скоростей ветра в течение большей части времени существования блокирующего антициклона имела место полная гибель древостоя на больших непрерывных площадях независимо от форм рельефа и высотных ступеней (рис. 12). Поэтому целесообразно рассмотреть примеры из аналогичного по аридности 1936 года, когда взаимосвязь пирогенеза с формами природного и антропогенного рельефа проявлялась отчетливее — развивавшиеся параллельно пожары, один из которых уничтожил поселок Куршу 2-ю («куршинский пожар»), а другой дошел до Ласковской озерной группы («пожар Паустовского»). В данной публикации мы не имеем возможности подробно описывать действие синоптических факторов пирогенеза, поэтому охарактеризуем их тезисно и аксиоматически.



Рис. 12. Массовая гибель сосновых лесов на различных элементах рельефа в бассейнах рек Кельцевская канава и Белая (фото авторов, снято в сентябре-ноябре 2010 года)

Как показывает анализ картографических материалов 1941 года и свидетельствуют очевидцы, пережившие трагедию [см.: Курша-2 ...], пожар в Куршу 2-ю пришел из длительно существовавшего очага в 3,5 км южнее поселка, с которым долго боролись подручными средствами. Возгорание возникло вблизи полотна железной дороги в полуболотных условиях на склоне долины реки Кадь. Наиболее вероятная причина его возникновения — искра из трубы узкоколейного паровоза: в 1930-е годы это являлось доказанной причиной 69,7 % лесных пожаров [см.: Залесов, 2021].

Однако 21 июля 2010 года практически в том же месте вновь возник очаг возгорания — самый первый в рязанской Мещёре в то лето (рис. 1), приведший к гибели деревни Култуки, уцелевшей в 1936-м. По нашему мнению, это не является случайным совпадением, а обусловлено приуроченностью данной территории к тальвегу одного из погребенных доюрских палеоврезов (рис. 4), что многократно увеличивает его пирогенный потенциал. При этом, в отличие от середины 1930-х годов, вероятность антропогенно инспирированных возгораний была многократно меньше: территория строго охранялась, будучи в составе биосферного полигона Окского заповедника, а железная дорога на данном участке была разобрана еще в середине 1950-х годов. Следовательно, природные геолого-геоморфологические факторы пирогенеза все же могут быть значимее антропогенных, которые, согласно общепринятой позиции, считаются ведущей причиной лесных пожаров [см.: Залесов, 2021].

Длительная устойчивая засуха, приведшая к критическому снижению влажности ЛГМ, а также наличие очага постоянного горения создали условия для развития катастрофического пожара, реализация которых была спровоцирована синоптическими процессами. Днем 3 августа 1936 года, судя по имеющимся данным, метеоусловия были почти аналогичны тем, что имели место 29 июля 2010 года (рис. 2): произошло «дублирование во времени» критически опасной синоптической обстановки. Приблизившаяся к Мещёре зона фронтальной конвективной неустойчивости создала условия для интенсивных восходящих потоков до высоты не менее 6 км, которые, в свою очередь, необходимы для развития локальных ячеек упорядоченной автоконвекции, порождающих приземные шквалы [см.: Поморцева, 2018]. Кроме того, структура высотного барического поля способствовала конвергенции воздушных потоков вдоль линейных структур земной поверхности (в том числе вдоль антропогенных форм рельефа прямолинейной конфигурации) и определила направление движения конвективных комплексов по истинному азимуту 177° в соответствии с направлением действительного ветра на уровне 500 гПа (рис. 13).

К указанному направлению были ближе всего ориентированы железнодорожная насыпь на перегоне Чарусский — Курша 2-я и пересохший дренажный канал в пойме реки Кадь. Следует подчеркнуть, что наиболее выраженная согласованность наблюдалась для осредненной конфигурации дренажного канала: отклонение его простирания от азимута ведущего потока составило не более $1,5^\circ$, для железнодорожной насыпи расхождение было существенно выше — 22° (рис. 13).

Основную роль при этом играли не формы антропогенного рельефа как таковые, а сопровождающие их нарушения растительного покрова (рис. 10) — наличие узких линейных безлесных пространств, где скорость приземного ветра из-за снижения трения возрастает более чем на порядок по сравнению с сомкнутым лесным пологом [см.: Метод оценки минимального расстояния ... , 2012 ; Акимов, Бедило, Пуликов, 2025 ; Albin, Vaughman, 1979], и, кроме того, наличие отмерших сухих побегов гигрофитов по берегам канала. Следовательно, именно канал, удлиняющий русло реки Кадь, в синоптических условиях, сложившихся к полудню 3 августа 1936 года, явился наиболее предпочтительной траекторией распространения фронта верхового пожара, перемещаемого шквалами мезомасштабного конвективного комплекса, а по железнодорожной просеке пожар двигался медленнее.

При иной конфигурации изотерм и изогипс абсолютной топографии изобарической поверхности 500 гПа направление ведущего потока уже не соответствовало бы ориентировке в пространстве статичных линейных геоморфологических объектов, и последние могли, наоборот, служить ветроломами и тормозить распространение огня. А в случае прохождения атмосферного фронта через центральную Мещёру не днем, а ночью, когда явное тепло, поступающее в воздух из тлеющего пирогенного очага, не суммировалось бы с инсоляцией и низкой влажностью воздуха [см.: Зверев, 1977], условия для возникновения конвективного комплекса, шквалов и порожденного ими верхового пожара в принципе не сложились бы.

Как известно [см.: Курша-2 ...], попытка эвакуации жителей Курши 2-й по железной дороге трагически сорвалась. Посадка на поезд затянулась до подхода фронта пожара к южной окраине поселка, но одновременно огонь продвинулся вдоль канала, по пути наименьшего сопротивления, лучше корреспондирующего с азимутом высотного ветра, перерезав единственный маршрут эвакуации. Фактически одной из причин большого числа погибших (которое достоверно не установлено до сих пор) явилось несоответствие простирания железнодорожной насыпи и направления ведущего потока, что обусловило более быстрое движение фронта огня не непосредственно на Куршу 2-ю, а в обход нее по пойме реки Кадь (рис. 13). Организаторы эвакуации не учли это обстоятельство и полагали, что у них еще есть время, но его фактически не оказалось. Тяжелый локомотив не смог преодолеть поврежденный огнем деревянный мост через канал и сгорел вместе с большинством эвакуируемых; места трагедии и последующего захоронения ее жертв показаны на рисунке 13.

Как свидетельствует анализ топокарты 1941 года, сосновые леса на возвышенных песчаных верях в окрестностях Курши 2-й в целом сохранились при взрывном пожаре, несмотря на его высокую интенсивность. Краевые участки трех верей подходят близко к месту гибели состава с людьми (рис. 13) и служили убежищем для немногочисленных выживших [см.: Курша-2 ...].

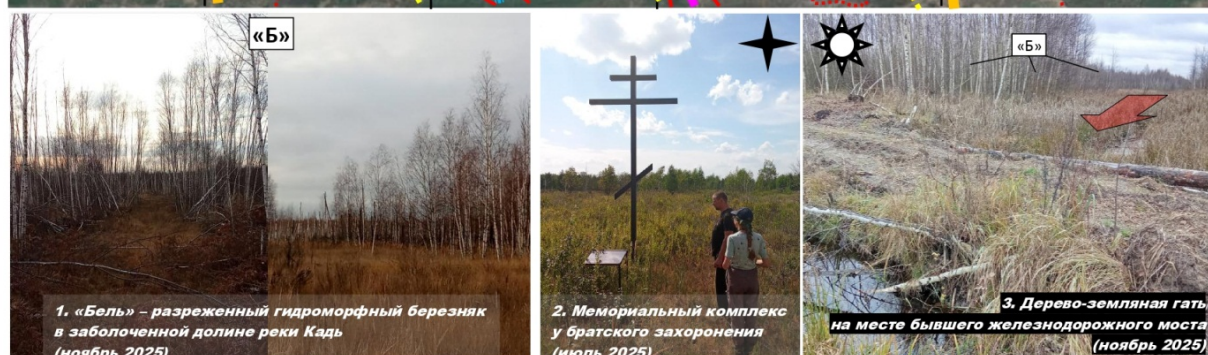
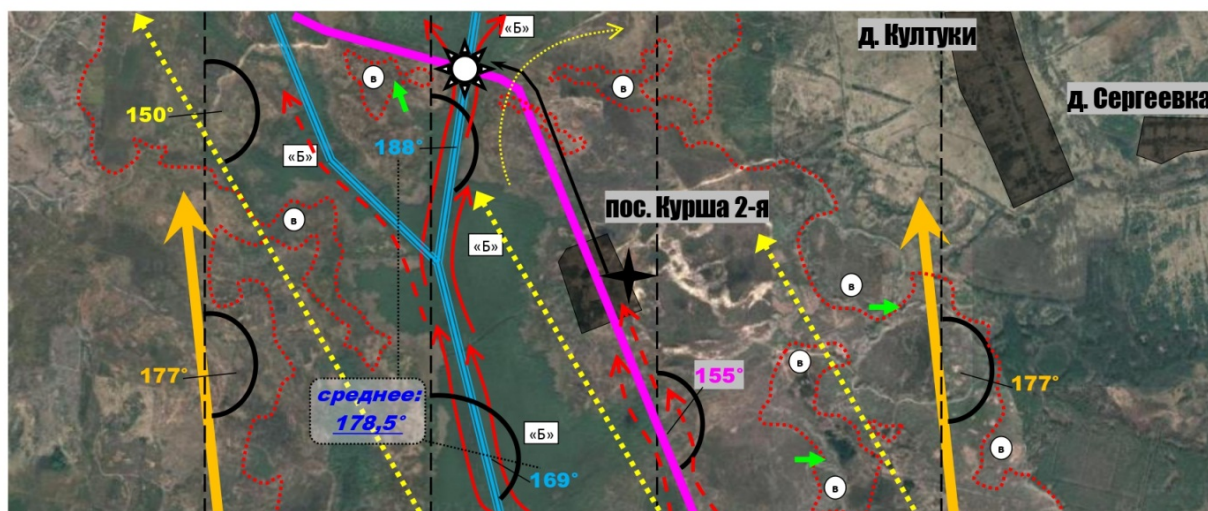
Полоса бугристо-верейного рельефа в 1936 году послужила препятствием для уничтожения огнем деревни Култуки. Причина антипирогенных свойств такого рельефа и связанных с ним лесных экосистем заключается в ветроломной функции более сомкнутого полога сосняков и малых запасах ЛГМ по сравнению с окружающими гидроморфными лесами и болотами. Пожары 2010 года были более разрушительными и преодолели действие геоморфологического фактора, не ограничившись лишь понижениями рельефа, но сугубо фрагментарно верейные сосняки (точнее, отдельные группы деревьев) все же сохранились и тогда, пережив, таким образом, оба пожара (рис. 13). Однако более типична гибель таких сосняков, выживших в куршинском пожаре, но не уцелевших при возгораниях 2010 и 2022 годов, имевших во многом сходную географию (рис. 14).

Зависимость распространения куршинского пожара от траектории мезомасштабных конвективных комплексов, возникших над первичным пирогенным очагом к югу от поселка, наблюдалась на его ранних стадиях (поскольку время существования таких комплексов ограничено десятками минут [см.: Зверев, 1977 ; Поморцева, 2018]), а затем траектория его передней кромки стала определяться общей динамикой приземного ветра при прохождении холодного фронта 2-го рода, который следовал за предфронтальной конвективной зоной. Смена синоптических факторов закономерно привела к изменению направления экспансии пирогаза: движение атмосферных фронтов обычно соответствует линиям тока на изобарической поверхности 700 гПа, а приземный ветер под влиянием силы трения отклоняется от них в сторону низкого давления в среднем на 45° над сушей [см.: Хргиан, 1969 ; Зверев, 1977 ; Хромов, Петросянц, 2001]. Расчеты, учитывающие вышесказанное, дают метеорологический азимут среднего действительного ветра у земной поверхности, равный 150° (для второй половины дня 3 августа 1936 года), что, как показано на рисунке 13, хорошо соответствует простиранию реконструированной нами зоны пирогенного поражения. На финальной стадии пожара (4 и отчасти 5 августа) произошло отклонение его распространения к востоку, что также не случайно. Подробная характеристика физических основ данных закономерностей выходит за рамки настоящей публикации.

Обычно считается, что деревня Култуки во время куршинского пожара уцелела по чистой случайности [см.: Песков ...]. Высказанные выше соображения о факторах пирогаза позволяют заключить, что это не так (рис. 13): распространению огня в северо-восточном направлении по азимуту $40-45^\circ$ препятствовали барическая топография, пространственная ориентировка линейных форм антропогенного рельефа и в известной мере природный рельеф (защитная функция бугрово-верейных комплексов).

Одновременно с куршинским пожаром, наиболее известным в России, в контурах Приокского морфоструктурного блока развивался еще один верховой пожар (рис. 15), по меньшей мере дважды описанный К. Г. Паустовским [см.: Паустовский, 2014]. Об их синхронности свидетельствуют совпадения и азимутов простирания пройденной огнем полосы (в обоих случаях 150°), и ее ширины (около 6 км), и максимальной протяженности (14,0–14,5 км). Данные параметры определяются скоростью и направлением ветра, которые, в свою очередь, зависят от структуры барического поля и фронтогенетических процессов. Последние чрезвычайно изменчивы, и сомнительно их такое точное совпадение в разные даты. Также отчетливо проявилась тенденция правого (восточного) поворота передней кромки пожара на его финальной стадии, обусловленная закономерностями фронтогаза.

Примечательно, что «точка разворота» фронта верхового пожара, уничтожившего 29 июля 2010 года поселки Ласковский и Передельцы, также отстояла от первичного очага на 14,0 км, тогда как азимут распространения и пространственный охват были иными (рис. 15). По-видимому, протяженность площади, пройденной огнем (в направлении среднего ветра), представляет собой более устойчивый параметр, который зависит от средней геометрии холодного фронта. В то же время азимут и скорость распространения огня определяются более динамичными параметрами — конфигурацией высотных изотерм и изогипс и величиной их заложения. Это обуславливает их изменчивость вследствие вариативности соотношения восточной и южной составляющих горизонтальной скорости ветра: в 2010 году преобладала первая (азимут 118°); в 1936 году доминировала вторая (азимут 150°).



155° – местный меридиан (черный пунктир) и азимут метеорологического направления ветра – в том числе распространения фронта верхового пожара – на разных участках местности и разных высотах днем (после полудня) 03 августа 1936 г.

- просека линии узкоколейной железной дороги
- мелиоративные каналы (удлиненные русла р. Кадь и ее притоков)
- вектор ведущего потока на изобарической поверхности 500 гПа (около 5,5 км), определяющий направление движения мезомасштабных конвективных комплексов с приземными шквалами (начальная фаза пожара)
- фактическое среднее направление распространения пирогенеза по преобладающему действительному ветру у земной поверхности (центральная фаза пожара)
- тенденция отклонения фронтальной кромки пожара к востоку (финальная фаза пожара)
- направления движения фронта огня: основные, с максимальными скоростями распространения пожара
- направления движения фронта огня: второстепенные, с меньшими скоростями
- границы итогового распространения пирогенеза летом 1936 г. (восстановлены по военно-топографической карте масштаба 1:100000 1941 года)
- маршрут движения узкоколейного состава от вокзала в пос. Курша 2-я до места катастрофы
- место массовой гибели людей – сгоревший деревянный мост через канал (современное состояние – на фото 3)
- место захоронения жертв трагедии около бывшего здания вокзала (фото 2)
- тип растительности, способствующий быстрому распространению огня – разреженные березняки на торфяниках и в полуболотных условиях (местное название «бель»: фото 1)
- ландшафтные условия, препятствующие пирогенезу – верей (узкие линейные возвышения относительной высотой 2-6 м с сомкнутыми опушками и минимальными запасами лесных горючих материалов)
- участки верейных сосняков, выжившие в пожарах и 1936, и 2010 гг.
- населенные пункты

Рис. 13. Географические факторы и особенности пожара 3 августа 1936 года в окрестностях поселка Курша 2-я



Рис. 14. Пирогенные ландшафты на водоразделе рек Курша и Кадь вблизи урочища Курша 2-я (состояние местности в июле 2025 года)

Примечание: а — слабозакрепленный песчаный субстрат на поверхности верей, подвергающийся перемещению ветром; б — остоны стволов сосен после неоднократных повторных пожаров.

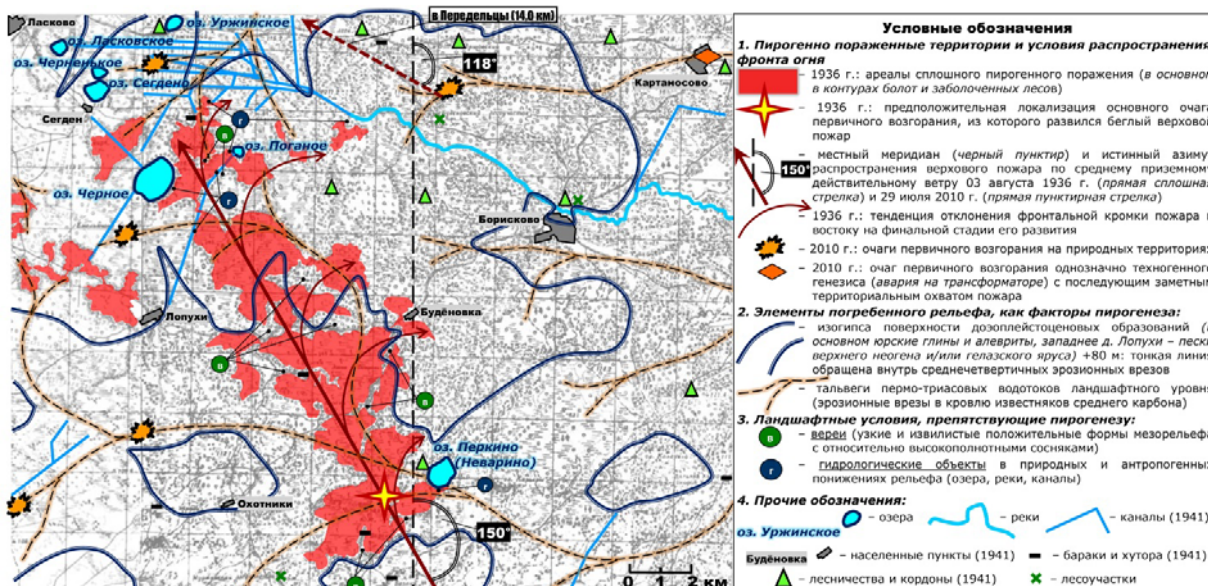


Рис. 15. Пожар 3 августа 1936 года в Приокской Мещёре («пожар Паустовского») в сопоставлении с факторами и особенностями пирогегаза 2010 года

Примечание. Основа (черно-белый фон) — фрагмент топографической карты РККА 1941 года (масштаб 1:100 000). Пройденные огнем территории к западу от озера Черное, вероятнее всего, не связаны с основным пожаром и развивались в иные дни и при иных обстоятельствах.

Рисунок 15 позволяет более детально, в более крупном масштабе (по сравнению с карто-схемой на рисунке 4) оценить пирогенетическую функцию погребенных депрессий палеорельефа. Основными его элементами на рассматриваемом участке Приокской морфоструктуры являются несколько донеоплейстоценовых русел Оки разных генераций [см.: Кривцов, Воробьев, Комаров, 2016] и расчлененный низкопорядковыми эрозионными формами Бельский палеоводораздел — очевидно, крупный эрозионный останец, то есть лито-, а не тектоморфоструктура [см.: Железнова, Тобратов, 2017]. Данные формы в значительной степени унаследованы от до-верхнеюрской эпохи и прослеживаются также в кровле карбоновых известняков (см., например, рисунок 8), но имеются и отличия. Так, вблизи верхней точки Бельского известнякового останца (расположена в окрестностях деревни Лопухи) в неоген-раннечетвертичное время эрозионные процессы явно активизировались (талвеги соответствующих палеоврезов смещены к северу и западу от пермо-триасовых в сторону вершины известнякового массива). В то же время на северо-востоке останца (к северу от села Борисково), наоборот, палеозойский палеоврез не был откопан более поздней попятной эрозией, причем зародившийся в его контурах в июле 2010 года верховой пожар оказался самым разрушительным из имевших место в то лето (рис. 4 и 15).

Из рисунка 15 вполне очевидно тяготение первичных пирогенных очагов и 1936, и 2010 годов к погребенным эрозионным врезам разных геологических эпох: в условиях малоконтрастного рельефа Мещёры они продолжают влиять на биологические и гидрологические процессы. Совпадение аварии на трансформаторе в селе Картаносово с одним из доюрских талвегов, безусловно, случайно, но довольно значительный пространственный масштаб последовавшего за ней пожара случайным не является.

Классический пример — локализация первичного очага верхового пожара 1936 года на торфяниках у озера Перкино в долинном расширении пермо-триасовой эрозионной сети (очевидно, место впадения палео-Листвянки в палео-Плетенку), унаследованном эоплейстоценовой пра-Окой (рис. 8 и 15). Ускорение распространения фронта огня на северо-запад (по метеорологическому азимуту 150°) было обусловлено «удачным» совпадением вектора приземного ветра в предфронтальной зоне с простираем раннечетвертичных и палеозойских эрозионных врезом (в контурах которых пирогенезу благоприятствовали избыток ЛГМ и разреженный растительный покров). Тем самым отчасти повторилось сочетание условий куршинского пожара, но функцию линейных форм антропогенного рельефа в данном случае выполнили погребенные отрицательные формы природного палеорельефа.

Художественное описание данного пожара, составленное по рассказам очевидцев, в первую очередь К. Л. Зотова и В. Зотова из деревни Сегден (на которую был направлен вектор фронта пожара, рис. 15), дал К. Г. Паустовский: «...с юга, со стороны Лопухов, сильно тянуло гарью. Поднялся ветер. Дым густел, его уже несло белой пеленой по лесу, затягивало кусты. Стало трудно дышать. <...> Ветер перешел в ураган. Огонь гнало по земле с неслыханной скоростью. ...даже поезд не мог бы уйти от такого огня. Дед побежал по кочкам, спотыкался, падал, дым выедал ему глаза, а сзади был уже слышен широкий гул и треск пламени. Смерть наступала деда, хватала его за плечи...» [Паустовский, 2014, с. 19].

Очевидной особенностью первичных пирогенных очагов 2010 года является их преимущественная приуроченность к верховьям палеоврезом вблизи наиболее высоких гипсометрических отметок и современного, и погребенного рельефа. В то же время «пожар Паустовского» зародился в широком долинном расширении пра-Оки, унаследованном от доюрских водотоков, где, безусловно, были выше запасы ЛГМ, но и иссушение субстратов продолжалось дольше. Пожары 2010 года, наоборот, обходили понижения современного и погребенного рельефа, где влажность ЛГМ была еще недостаточно низкой, и поражали в основном приводораздельные территории. На наш взгляд, это обусловлено более глубокой мелиорированностью мещёрских ландшафтов в начале XXI века и нерациональным функционированием дренажных систем (отсутствием противопожарного шлюзования и часто полной заброшенностью), что истощало «антипирогенный потенциал» территории (в первую очередь наиболее возвышенных ступеней рельефа) значительно быстрее, чем летом 1936 года. Сыграло роль и отсутствие борьбы с очагами возгорания на ранних стадиях: из 10 пунктов лесоохраны, показанных на рисунке 15, в 2010 году работал лишь один. Так, указанная выше особенность пространственных отношений очагов возгораний и доюрских эрозионных форм исторична, определяется в основном человеческим фактором и может быть устранена соответствующими управленческими решениями.

«Пожар Паустовского», развивавшийся при отсутствии мелиоративного переосушения (как показано на рисунке 15, сеть дренажных каналов в конце 1930-х годов только начинала создаваться и достигла значительной густоты лишь на периферии Красного болота к юго-востоку от озера Уржинского), отличался сложной, мозаичной конфигурацией ареала пирогенного поражения и гибели лесов. Данный ареал фрагментирован на слабо связанные большие и малые участки положительными и отрицательными формами современного рельефа — верями, каналами, озерными котловинами. Фрагментация усугублялась развитием данного пожара в условиях больших барических градиентов и быстротой его перемещения: известно [см.: Перминов, Марзаева, 2020], что большие скорости ветра сужают полосу распространения огня и уменьшают его способность преодолевать препятствия, приводя к росту зависимости от мельчайших неоднородностей ландшафтного покрова. При этом на верях, как и в окрестностях Курши 2-й, после беглого верхового пожара, как правило, сохранились жизнеспособные леса (рис. 15).

Высокую ландшафтно-геоморфологическую мозаичность пирогенного потенциала Мещёры при типичных для верховых пожаров скоростях ветра отметил К. Г. Паустовский (именуя верей местным названием «острова»): «Пожары в высохших болотах — самое страшное, что можно испытать в этих краях. От них трудно спастись — огонь идет очень быстро. Да и куда уйдешь, когда до горизонта лежат сухие, как порох, мхи, и спастись можно, да и то не наверняка, только на “острове” — огонь почему-то обходит иногда лесистые “острова”» [Паустовский, 2014, с. 128]. Указанная мозаичность оказалась в последующем утрачена: 2010-м, как правило, она уже не наблюдалась (рис. 12 и 14).

Гидрологические объекты препятствуют распространению огня за счет повышенной влажности не только субстратов, но и воздуха (рис. 11). Поэтому на берегах озер пожар 1936 года неизменно останавливался, по меньшей мере дважды блокировался каналом, прорытым в 1920-е годы от Лопухов к озеру Поганое, и в конечном счете полностью остановился в межозерном дефиле вблизи мелиорированных верховьев реки Белой (рис. 15). Утверждение К. Г. Паустовского о том, что пожар дошел до озера Уржинское [Паустовский, 2014], является гиперболой и не соответствует состоянию местности в конце 1930-х годов: первоначально фронт пожара двигался именно в этом направлении, но, пройдя 14 км от первичного очага, огонь остановился между озерами Черное и Поганое перед сетью недавно прорытых мелиоративных каналов, не дойдя 2,5 км до Уржинского кордона и 2,9 км до деревни Сегден (рис. 15).

Осенью 2025 года мы обнаружили пирогенно-перегнойное образование, сформированное «пожаром Паустовского» (рис. 16), на торфянике в 60 м от берегов озера Поганое (ближе к межонной кромке воды образование отсутствовало). В это время траектория пожара менялась с северо-западной на северо-восточную, и он совершал обходной маневр вокруг озера, служившего препятствием. Пожар носил смешанный и повальный характер, о чем, в частности, свидетельствуют достаточно большая мощность пирогенного горизонта, а также многочисленные обугленные фрагменты крон упавших деревьев, сохранившиеся в гидроморфных условиях русла упомянутого выше канала 1920-х годов под 17-сантиметровым слоем позднейших перегнойных накоплений (рис. 16в).

Пирогенная составляющая указанного образования была представлена в основном 3,5-сантиметровым слоем светло-серой золы, перекрытым вновь сформированным слоем торфа мощностью 4 см с обилием живых корней (последние составляют около 50 % объема данного слоя). Корневые системы в основном расположены выше и отчасти ниже слоя золы, в самой золе корни единичны. Это обусловлено низким плодородием пирогенных образований на мещёрских торфяниках [см.: Зайдельман, 2009]. Сразу после пожара они содержат много биофильных катионов, но в агрессивных химических формах, и имеют щелочную реакцию, что неблагоприятно для питания преобладающих на болотах гумидокатных растений. Через несколько лет подвижные катионы теряются при выщелачивании осадками, и остаются лишь инертные элементы с пониженной биофильностью Si, Al, Ti и т. д. Цвет золы свидетельствует, что при выщелачивании произошло даже ее обезжелезнение. В то же время опад и подстилка, в отличие от слоя золы вековой давности, богаты биофилами, доступными для корневого поглощения: для предотвращения их утечки и для повторного вовлечения в биокруговорот основная часть всасывающих корней расположена в верхних сантиметрах торфяной толщи — в слоях, сформированных в последние десятилетия.



Рис. 16. Реликты «пожара Паустовского» на торфянике у озера Поганое

Зольный горизонт 1936 года может служить репером для оценки темпов современного биогенного преобразования рельефа и сопоставления их с таковыми в иные климатические эпохи. Сделав необходимую поправку на 50 %-ю долю живых корней, получаем накопление 2 см торфа за 88 лет, что соответствует скорости вертикального роста торфяной залежи 0,227 мм/год. Это очень близко к средней оценке прироста поверхностей мещёрских торфяников в позднем голоцене (в последние 5,7 тыс. лет), предложенной нами ранее при датировании смежного объекта исследований «Емельяново болото» к востоку от озера Сегдено, и к данным иных авторов [см.: Динамика ландшафтов юго-восточной Мещёры ... , 2016 ; Доаграрные ландшафты юго-восточной Мещёры ... , 2019]. Подчеркнем, что наша оценка предполагала учет регулярных потерь мощности торфа при пожарах (в условиях Мещёры являются важнейшим фактором, лимитирующим торфонакопление), наиболее значительный из которых, сопоставимый с пожарами XX–XXI веков, имел место около 4,5 тыс. лет назад в ксеротермическую фазу суббореального периода [см.: Тобратов, Железнова, Водорезов, 2018].

По-видимому, темп позднеголоценового биогенного осадконакопления в болотных геоморфологических комплексах Мещёры в диапазоне 0,20–0,25 мм/год является достаточно устойчивой во времени величиной, отражающей специфику Мещёрской природной провинции и контролируемой континентальностью ее климата (рис. 17). В этой связи пока нет достаточных оснований говорить о значимых изменениях данного показателя под влиянием глобального потепления.

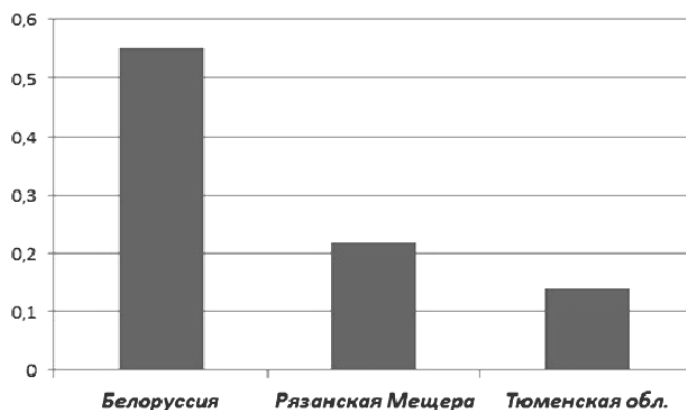


Рис. 17. Средние современные скорости роста торфяников в зависимости от степени континентальности климата (мм/год) [см.: Тобратов, Железнова, Водорезов, 2018]

Из вышесказанного остается неясным следующее:

– чем определяется зависимость перемещения систем автоконвекции, с которыми связаны наиболее разрушительные верховые пожары, от направления ведущего потока на уровне именно 500 гПа, тогда как траектория атмосферных фронтов определяется направлением ветра на меньших высотах;

– как были рассчитаны упомянутые метеорологические азимуты экспансии пирогазета (177°, 150°, 118°);

– почему траектория фронтальной кромки пожара имеет «точку разворота» и отклоняется от первоначального направления вправо, к востоку или северо-востоку (в частности, это хорошо видно на рисунке 3 в районе поселка Передельцы);

– какова роль атмосферного фронтогазета в возникновении и распространении верховых пожаров и почему в центрах блокирующих антициклонов, несмотря на высокие температуры и отсутствие осадков, пространственная экспансия пожаров относительно слаба.

Для ответа на эти вопросы необходимо детально охарактеризовать синоптико-геоморфологические взаимосвязи, возникающие при высокой конвективной неустойчивости атмосферы, чему целесообразно посвятить отдельное сообщение.

Заключение

Рассмотренные выше пространственные отношения факторов пирогазета и форм рельефа, как природного (погребенного и современного), так и антропогенного, являются косвенным, но, по нашему мнению, убедительным доказательством упорядоченности мешёрских пожаров в пространстве, их тесной геофизической связи с ландшафтной структурой, преобразованной человеком. Реализация пирогазетного потенциала геоморфологических комплексов Мещёры наблюдается после длительных засух и в условиях активных фронтогазетических процессов (в типичном случае — при прохождении холодных фронтов 2-го рода, сопровождаемых предфронтальными зонами конвективной неустойчивости). При этом важно совпадение простирающихся линейных форм рельефа (погребенных палеоврезов, каналов, железнодорожных насыпей) с векторами приземных и высотных ведущих потоков: при наличии такого совпадения возможны катастрофические пожары взрывного типа. Отмечены антипирогазетные и ветроломные функции локальных положительных мезоформ рельефа Мещёры (верей) и гидрологических объектов в природных и антропогенных понижениях рельефа, которые, впрочем, не абсолютны и не препятствуют распространению наиболее значительных пожаров.

Важнейшими противопожарными мероприятиями в ландшафтных условиях Мещёрской низменности являются дистанционный и наземный мониторинг, своевременное устранение первичных очагов возгорания и обязательное шлюзование в мелиоративных системах. Знание геолого-геоморфологической и в целом пространственно-временной структуры Мещёры и закономерностей обусловленных ею гидрологических и биопродукционных процессов позволяет выявлять наиболее пожароопасные территории (талвеги эрозионных форм палеорельефа), а учет синоптических факторов пирогазета — прогнозировать опасное сочетание метеоусловий (активный фронтогазет после засушливого и жаркого периода).

Список источников

1. Авессаломова И. А. Экологическая оценка ландшафтов : учеб. пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. — 89 с.
2. Акимов В. А., Бедило М. В., Пуликов М. А. Вероятностная оценка параметров лесного пожара // Безопасность в современном мире. — 2025. — № 1. — С. 47–56.
3. Анненская Г. Н., Мамай И. И., Цесельчук Ю. Н. Ландшафты Рязанской Мещёры и возможности их освоения. — М.: Изд. Моск. ун-та, 1983. — 246 с.
4. Буранов И. Горе горелое. Что потеряла Россия аномальным летом // Коммерсантъ. — 2010. — № 240/П. — С. 2.
5. Возраст болот и этапы болотообразования в полесских ландшафтах Восточно-Европейской равнины / К. Н. Дьяконов, Е. Ю. Новенко, Н. Г. Мазей, М. В. Кусильман // Доклады РАН. Науки о Земле. — 2020. — Т. 492, № 2. — С. 87–93.

6. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 / А. А. Николаев, В. В. Шарапов [и др.]. — 2-е изд. — М. : Моск. фил. ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2021. — Сер. Московская. — Лист N-37-XVI (Рязань) ; N-37-XVII (Спасск-Рязанский).
7. Гумилев Л. Н. Древняя Русь и Великая степь. — М. : Мысль, 1989. — 764 с.
8. Динамика влажности почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости / Н. С. Кухарук, Л. Г. Смирнова, А. Г. Нарожная [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. «Естественные науки». — 2017. — № 25 (274). — С. 79–90.
9. Динамика ландшафтов юго-восточной Мещёры в голоцене / Е. Ю. Новенко, И. В. Мироненко, Е. М. Волкова [и др.] // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. — 2016. — № 2. — С. 91–101.
10. Доаграрные ландшафты юго-восточной Мещёры: реконструкция по палеоэкологическим данным / Е. Ю. Новенко, И. В. Мироненко, Д. А. Куприянов [и др.] // География и природные ресурсы. — 2019. — № 2. — С. 38–49.
11. Железнова О. С., Тобратов С. А. Опыт ландшафтного анализа пространственных закономерностей продуктивности зональных экосистем Южной Мещёры // Известия Российской академии наук. Сер. Географическая. — 2017. — № 6. — С. 47–62.
12. Зайдельман Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов. — М. : КДУ, 2009. — 720 с.
13. Залесов С. В. Лесная пирология. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. — 396 с.
14. Зверев А. С. Синоптическая метеорология. — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — 711 с.
15. Инженерная мелиорация : практ. / сост. Л. И. Шевелева, А. Э. Фарафонов, А. Г. Голикова. — Владивосток : ДВФУ, 2018. — 35 с.
16. Информационная система дистанционного мониторинга // Федеральное агентство лесного хозяйства РФ. — URL : https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (дата обращения: 09.03.2015).
17. История лесных пожаров бассейна средней Оки в голоцене / Д. А. Куприянов, Е. Ю. Новенко, Н. Г. Мазей, Е. М. Волкова // Динамика экосистем в голоцене : сб. ст. по материалам Всерос. науч. конф. — СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. — С. 486–490.
18. Козлов В. Н., Доронин А. П., Петроченко В. М. Экологическая опасность лесных пожаров и методы ее предотвращения // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2017. — № 48. — С. 234–248.
19. Колбовский Е. Ю. Ландшафтное планирование. — М. : Академия, 2008. — 326 с.
20. Краткий очерк работ Экспедиции по осушению болот в Центральном районе. — СПб., 1896. — 49 с.
21. Кривцов В. А., Воробьев А. Ю., Комаров М. М. Река Ока и некоторые особенности развития рельефа южной части Мещёрской низменности в четвертичное время // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. — 2016. — № 2. — С. 180–196.
22. Куприянов Д. А., Новенко Е. Ю. Реконструкция динамики лесных пожаров Центральной Мещёры в голоцене (по данным палеоантракологического анализа) // Сибирский экологический журнал. — 2019. — № 3. — С. 253–263.
23. Курша-2 // VK видео. — URL : https://vkvideo.ru/video-24130755_163533584 (дата обращения: 30.12.2025).
24. Метод оценки минимального расстояния от опорной полосы до кромки пожара при пуске отжига / В. Г. Гусев, В. К. Дубовый, В. Л. Лопухова, В. А. Ирищян // Лесной журнал. — 2012. — № 5. — С. 38–45.
25. Панков В. А. Иду Мещёрой : док-е очерки. — Рязань : Моск. рабочий, 1984. — 192 с.
26. Паустовский К. Г. Мещёрская сторона. — М. : ОЛМА Медиа Групп, 2014. — 304 с.
27. Перминов В. А., Марзаева В. И. Математическое моделирование распространения верховых лесных пожаров при наличии противопожарных разрывов и заслонов конечных размеров // Физика горения и взрыва. — 2020. — Т. 56, № 3. — С. 94–105.
28. Песков В. М. Окно в природу: Мещёрская драма. — URL : <https://www.kp.ru/daily/24143.3/360087/?ysclid=mkbxmsa8c757842627> (дата обращения: 06.01.2026).
29. Пигарева А. Е. Оценка природной пожарной опасности ландшафтов средней тайги Западной Сибири (на примере государственного природного заповедника «Малая Сосьва имени В. В. Раевского») : дис. ... канд. геогр. наук : 1.6.12. — Тюмень, 2025. — 129 с.
30. Польшин Б. Б. Пески Донской области, их почвы и ландшафты. — Л. : АН СССР, 1927. — 454 с.
31. Поморцева А. А. Оценка эволюции мезомасштабных линий шквалов по данным метеорадаров // Вестник Удмуртского университета. Сер. «Биология. Науки о Земле». — 2018. — Т. 28, вып. 2. — С. 190–199.
32. Природный потенциал ландшафтов Рязанской области : моногр. / В. А. Кривцов, С. А. Тобратов, А. В. Водорезов [и др.] ; под ред. В. А. Кривцова, С. А. Тобратова. — Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина. — 2011. — 768 с.
33. Пузаченко Ю. Г. Приложение теории фракталов к изучению структуры ландшафта // Известия Российской академии наук. Сер. Географическая. — 1997. — № 2. — С. 24–40.

34. Роль пожаров в динамике ландшафтов юго-восточной Мещёры в голоцене / К. Н. Дьяконов, Е. Ю. Новенко, И. В. Мироненко [и др.] // Доклады Академии наук. — 2017. — Т. 477, № 2. — С. 233–239.
35. Солнцев Н. А. Учение о ландшафте : избр. тр. — М. : Изд-во МГУ, 2001. — 383 с.
36. Солнцев В. Н. О гравитационной парадигме ландшафтоведения // Развитие идей Н. А. Солнцева в современном ландшафтоведении : ландшафт. сб. — М. ; Смоленск : Ойкумена, 2013. — С. 155–169.
37. Софронов М. А. Скорость распространения низовых пожаров // Лесное хозяйство. — 1965. — № 8. — С. 47–50.
38. Ткаченко А. А., Файбусович Э. Л. Территориальная организация — общий предмет исследования географии и регионологии // Регионология. — 1994. — № 4. — С. 165–170.
39. Тобратов С. А., Железнова О. С. Морфоструктурный фактор атмосферных и гидрологических процессов в ландшафтах юго-западной Мещёры (на примере Полянской наклонной равнины) // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. — 2024. — № 2. — С. 149–169.
40. Тобратов С. А., Железнова О. С., Водорезов А. В. Ландшафтно-геохимические аспекты современных и древних торфяных аккумуляций в Мещёрской природной провинции // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. — 2018. — № 3. — С. 91–107.
41. Торфяной фонд Рязанской области (по состоянию учета на 1 июля 1966 года). — М. : Ин-т Гипроторфразведка, 1967. — 328 с.
42. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. — Саратов : Сарат. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского, 1960. — 69 с.
43. Харитонов Т. И., Новенко Е. Ю. Причины и периодичность возникновения низовых лесных пожаров в юго-восточной Мещёре (по результатам дендрохронологического анализа) // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. — 2019. — № 4. — С. 53–62.
44. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. — Л. : Гидромет. изд-во, 1969. — 646 с.
45. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология : учеб. для вузов. — М. : Изд-во МГУ, 2001. — 528 с.
46. Экспедиция в бывший рабочий поселок Курша-2. — URL : <https://goo.su/6VCDAn> (дата обращения: 30.12.2025).
47. Янко И. В. Пирологическая оценка территории Томской области : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23. — Томск, 2005. — 19 с.
48. Albin F. A., Baughman R. G. Estimating wind speeds for predicting wildland fire behavior // USDA Forest Service Research Paper INT — 221. — Ogden, 1979. — 89 p.
49. Archiv-Version des Animationstools: Verfügbarkeit und Datenquelle. — URL : https://www.wetter3.de/hilfe_archiv_gfs_dt.html (дата обращения: 09.01.2026).
50. First Spatial Reconstruction of Past Fires in Temperate Europe Suggests Large Variability of Fire Sizes and an Important Role of Human-Related Ignitions / E. Zin, Ł. Kuberski, I. Drobyshev, M. Niklasson // Frontiers in Ecology and Evolution. — 2022. — URL : <https://goo.su/ddL3o> (дата обращения: 05.11.2025).
51. Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe / M. Adámek, P. Bobek, V. Hadincova [et al.] // Forest Ecology and Management. — 2015. — № 336. — Pp. 81–90.
52. Gizatullin A. T., Alekseenko N. A. Prediction of Wildfires Based on the Spatiotemporal Variability of Fire Danger Factors // Geography, Environment, Sustainability. — 2022. — № 15 (2). — Pp. 31–37.
53. Spatial and Temporal Analysis of Forest Fire Risk and Propagation in South Sumatra Peatlands: Insights from Remote Sensing and GIS (2014–2023) / C. A. Napsoro, S. G. Maulina, M. K. Rifai [et al.] // Natural Hazards. — 2025. — URL : <https://goo.su/5fkWQ> (дата обращения: 05.11.2025).
54. Spatial and temporal patterns and driving factors of forest fires based on an optimal parameter-based geographic detector in the Panxi region, Southwest China / J. Liu, Y. Wang, H. Guo [et al.] // Fire Ecology. — 2024. — Vol. 20, № 27. — URL : <https://goo.su/96OvTW> (дата обращения: 05.11.2025).
55. Spatio-Temporal Analysis of Forest Fire Risk and Danger Using LANDSAT Imagery / B. Saglam, E. Bilgili, B. Dincdurmaz [et al.] // Sensors (Basel). — 2008. — № 8 (6). — Pp. 3970–3987.
56. Zackrisson O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest // Oikos. — 1977. — Vol. 29 (1). — Pp. 22–32.

References

1. Avessalomova I. A. *Ekologicheskaya otsenka landshaftov: ucheb. posobiye* [Ecological Assessment of landscapes: a textbook]. Moscow, Moscow Univ. Press Publ., 1992, 89 p. (In Russian)
2. Akimov V. A., Bedilo M. V., Pulikov M. A. Probabilistic assessment of forest fire parameters. *Bezopasnost v sovremennom mire* [Safety in the Modern World]. 2025, iss. 1, pp. 47–56. (In Russian)
3. Annenskaya G. N., Mamay I. I., Tselchuk Yu. N. *Landshafty Ryazanskoj Meshchery i vozmozhnosti ikh osvoyeniya* [Landscapes of Ryazan Meshchera and the possibilities of their development]. Moscow, Moscow Univ. Press Publ., 1983, 246 p. (In Russian)

4. Buranov I. Burnt Grief. What Russia lost in the abnormal summer. *Kommersant*. 2010, iss. 240/P, p. 2. (In Russian)
5. Age of bogs and stages of bog formation in Polesye landscapes of East European Plain. K. N. Dyakonov, E. Yu. Novenko, N. G. Mazey, M. V. Kusilman. *Doklady RAN. Nauki o Zemle* [RAS Reports. Earth Sciences]. 2020, vol. 492, iss. 2, pp. 87–93. (In Russian)
6. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000]. A. A. Nikolaev, V. V. Sharapov [et al.]. Moscow, Moscow Branch of Federal State Budgetary Institution “VSEGEI” Publ., 2021, Moscow Ser., Sheets N-37-XVI (Ryazan) ; N-37-XVII (Spassk-Ryazansky). (In Russian)
7. Gumilev L. N. *Drevnyaya Rus' i Velikaya step* [Ancient Rus' and the Great Steppe]. Moscow, Mysl Publ., 1989, 764 p. (In Russian)
8. Dynamics of soil moisture in forest-steppe protected areas against the background of intra-centennial climatic variability. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Yestestvennyye nauki* [Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences]. N. S. Kukharuk, L. G. Smirnova, A. G. Narozhnyaya [et al.]. 2017, iss. 25 (274), pp. 79–90. (In Russian)
9. Dynamics of Southeastern Meshchera Landscapes in the Holocene. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5, Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Ser. 5, Geography]. E. Yu. Novenko, I. V. Mironenko, E. M. Volkova [et al.]. 2016, iss. 2, pp. 91–101. (In Russian)
10. Pre-agricultural landscapes of southeastern Meshchera: reconstruction based on paleoecological data. *Geografiya i prirodnyye resursy* [Geography and natural resources]. E. Yu. Novenko, I. V. Mironenko, D. A. Kupriyanov [et al.]. 2019, iss. 2, pp. 38–49. (In Russian)
11. Zheleznova O. S., Tobratov S. A. Landscape analysis of spatial patterns in the productivity of zonal ecosystems in southern Meshchera: a study of landscape analysis. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Ser. Geograficheskaya* [Bulletin of Russian Academy of Sciences. Geographical Ser.]. 2017, iss. 6, pp. 47–62. (In Russian)
12. Zaidelman F. R. *Genezis i ekologicheskiye osnovy melioratsii pochv i landshaftov* [Genesis and ecological foundations of soil and landscape melioration]. Moscow, KDU Publ., 2009, 720 p. (In Russian)
13. Zalesov S. V. *Lesnaya pirologiya* [Forest Pyrology]. Yekaterinburg, USLTU Publ., 2021, 396 p. (In Russian)
14. Zverev A. S. *Sinopticheskaya meteorologiya* [Synoptic Meteorology]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977, 711 p. (In Russian)
15. *Inzhenernaya melioratsiya: prakt.* [Engineering melioration: practical course]. Comp. by L. I. Sheveleva, A. E. Farafonov, A. G. Golikova. Vladivostok, FEPU Publ., 2018, 35 p. (In Russian)
16. Remote Monitoring Information System. *Federalnoye agentstvo lesnogo khozyaystva RF* [Federal Forestry Agency of the Russian Federation]. Available at: https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (accessed: 09.03.2015). (In Russian)
17. History of forest fires in the middle Oka basin in the Holocene. *Dinamika ekosistem v golotsene: sb. st. po materialam Vseros. nauch. konf.* [Dynamics of ecosystems in the Holocene: collection of articles based on the materials of the All-Russian scientific conference]. D. A. Kupriyanov, E. Yu. Novenko, N. G. Mazey, E. M. Volkova. St. Petersburg, Herzen State Pedagogical Univ. Publ., 2022, pp. 486–490. (In Russian)
18. Kozlov V. N., Doronin A. P., Petrochenko V. M. Environmental hazard of forest fires and methods of its prevention. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University]. 2017, iss. 48, pp. 234–248. (In Russian)
19. Kolbovsky E. Yu. *Landshaftnoye planirovaniye* [Landscape Planning]. Moscow, Akademiya Publ., 2008, 326 p. (In Russian)
20. *Kratkiy ocherk rabot Ekspeditsii po osusheniyu bolot v Tsentralnom rayone* [A Brief overview of the work of the expedition to drain swamps in the central region]. St. Petersburg, 1896, 49 p. (In Russian)
21. Krivtsov V. A., Vorobyov A. Yu., Komarov M. M. The Oka River and Some features of relief development in the southern part of the Meshchera lowland in the Quaternary. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. A. Yesenina* [Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin]. 2016, iss. 2, pp. 180–196. (In Russian)
22. Kupriyanov D. A., Novenko E. Yu. Reconstruction of the dynamics of forest fires in central Meshchera in the Holocene (based on paleoanthracological analysis). *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. 2019, iss. 3, pp. 253–263. (In Russian)
23. Kursha-2. *VK video*. Available at: https://vkvideo.ru/video-24130755_163533584 (accessed: 30.12.2025). (In Russian)
24. Method for estimating the minimum distance from the support strip to the fire edge during annealing start. *Lesnoy zhurnal* [Forestry Journal]. V. G. Gusev, V. K. Dubovy, V. L. Lopukhova, V. A. Iritsyan. 2012, iss. 5, pp. 38–45. (In Russian)
25. Pankov V. A. *Idu Meshchoroy: dok-ye ocherki* [Walks in Meshchera: documentary essays]. Ryazan, Mosk. Rabochy Publ., 1984, 192 p. (In Russian)

26. Paustovsky K. G. *Meshchorskaya storona* [Meshchera Land]. Moscow, OLMA Media Group Publ., 2014, 304 p. (In Russian)
27. Perminov V. A., Marzaeva V. I. Mathematical modeling of crown forest fire spread in the presence of finite-sized firebreaks and curtains. *Fizika goreniya i vzryva* [Physics of Combustion and Explosion]. 2020, vol. 56, no. 3, pp. 94–105. (In Russian)
28. Peskov V. M. *Okno v prirodu: Meshchorskaya drama* [A window into nature: the Meshchera drama]. Available at: <https://www.kp.ru/daily/24143.3/360087/?ysclid=mkbxmsa8c757842627> (accessed: 06.01.2026). (In Russian)
29. Pigareva A. E. *Otsenka prirodnoy pozharnoy opasnosti landshaftov sredney taygi Zapadnoy Sibiri (na primere gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Malaya Sosva imeni V. V. Rayevskogo")* [Assessment of natural fire hazards of middle taiga landscapes of Western Siberia (based on V. V. Raevsky Malaya Sosva State Nature Reserve): diss. ... of candidate of geography: 1.6.12. Tyumen, 2025, 129 p. (In Russian)
30. Polynov B. B. *Peski Donskoy oblasti, ikh pochvy i landshafty* [Sands of the Don Region, their soils and landscapes]. Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1927, 454 p. (In Russian)
31. Pomortseva A. A. Assessment of evolution of mesoscale squall lines based on weather radar data. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. "Biologiya. Nauki o Zemle"* [Bulletin of Udmurt University. Ser. "Biology. Earth Sciences."]. 2018, vol. 28, iss. 2, pp. 190–199. (In Russian)
32. *Prirodnyy potentsial landshaftov Ryazanskoy oblasti: monogr.* [Natural potential of the Ryazan region landscapes: monograph]. V. A. Krivtsov, S. A. Tobratov, A. V. Vodorezov [et al.]. Ed. by V. A. Krivtsov, S. A. Tobratov. Ryazan, Ryazan State Univ. named for S. A. Yesenin Publ., 2011, 768 p. (In Russian)
33. Puzachenko Yu. G. Application of fractal theory to the study of landscape structure. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Ser. Geograficheskaya* [Bulletin of Russian Academy of Sciences. Geographical Ser.]. 1997, iss. 2, pp. 24–40. (In Russian)
34. The role of fires in the dynamics of landscapes of southeastern Meshchera in the Holocene. *Doklady Akademii nauk* [Reports of Academy of Sciences]. K. N. Dyakonov, E. Yu. Novenko, I. V. Mironenko [et al.]. 2017, vol. 477, iss. 2, pp. 233–239. (In Russian)
35. Solntsev N. A. *Ucheniye o landshafte: izbr. tr.* [Landscape Studies: Selected works]. Moscow, Moscow State Univ. Press Publ., 2001, 383 p. (In Russian)
36. Solntsev V. N. *On the gravitational paradigm of landscape science. Razvitiye idey N. A. Solntseva v sovremennom landshaftovedenii: landshaft. sb.* [Development of N. A. Solntsev's Ideas in Modern Landscape Science: Landscape coll.]. Moscow, Smolensk, Oykumena Publ., 2013, pp. 155–169. (In Russian)
37. Sofronov M. A. The Rate of Spread of Ground Fires. *Lesnoye khozyaystvo* [Forestry]. 1965, no. 8, pp. 47–50. (In Russian)
38. Tkachenko A. A., Faibusovich E. L. Territorial organization — a common subject of study in geography and regionalology. *Regionologiya* [Regionology]. 1994, iss. 4, pp. 165–170. (In Russian)
39. Tobratov S. A., Zheleznova O. S. Morphostructural factor of atmospheric and hydrological processes in the landscapes of southwestern Meshchera (using the Polyanskaya sloping plain as an example). *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. A. Yesenina* [Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin]. 2024, iss. 2, pp. 149–169. (In Russian)
40. Tobratov S. A., Zheleznova O. S., Vodorezov A. V. Landscape-geochemical aspects of modern and ancient peat accumulations in the Meshchera natural province. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. A. Yesenina* [Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin]. 2018, iss. 3, pp. 91–107. (In Russian)
41. *Torfyanoy fond Ryazanskoy oblasti (po sostoyaniyu ucheta na 1 iyulya 1966 goda)* [Peat resources of Ryazan Region (as of July 1, 1966)]. Moscow, Giprotorfrazvedka Institute Publ., 1967, 328 p. (In Russian)
42. Filosofov V. P. *Kratkoye rukovodstvo po morfometricheskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur* [Brief guide to the morphometric method of searching for tectonic structures]. Saratov, Saratov State Univ. named after N. G. Chernyshevsky Publ., 1960, 69 p. (In Russian)
43. Kharitonova T. I., Novenko, E. Yu. Causes and frequency of ground forest fires in southeastern Meshchera (based on results of dendrochronological analysis). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5, Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Ser. 5, Geography]. 2019, no. 4, pp. 53–62. (In Russian)
44. Khragian A. Kh. *Fizika atmosfery* [Physics of the Atmosphere]. Leningrad, Hydrometeorological Publ., 1969, 646 p. (In Russian)
45. Khromov S. P., Petrosyants M. A. *Meteorologiya i klimatologiya: ucheb. dlya vuzov.* [Meteorology and climatology: textbook for universities]. Moscow, Moscow State Univ. Publ., 2001, 528 p. (In Russian)
46. *Ekspeditsiya v byvshiy rabochiy poselok Kursha-2* [Expedition to the former workers' settlement of Kursha-2]. Available at: <https://goo.su/6VCDAn> (accessed: 30.12.2025). (In Russian)
47. Yanko I. V. *Pirologicheskaya otsenka territorii Tomskoy oblasti* [Pyrological assessment of the territory of Tomsk Region]: abstract of diss. ... of candidate of geography: 25.00.23. Tomsk, 2005, 19 p. (In Russian)

48. Albin F. A., Baughman R. G. Estimating wind speeds for predicting wildland fire behavior. *USDA Forest Service Research Paper INT* — 221. Ogden, 1979, 89 p.
49. *Archiv-Version des Animationstools: Verfügbarkeit und Datenquelle*. Available at: https://www.wetter3.de/hilfe_archiv_gfs_dt.html (accessed: 09.01.2026). (In German)
50. First spatial reconstruction of past fires in temperate Europe suggests large variability of fire sizes and an important role of human-related ignitions. *Frontiers in Ecology and Evolution*. E. Zin, Ł. Kuberski, I. Drobyshev, M. Niklasson. 2022. Available at: <https://goo.su/ddL3o> (accessed: 05.11.2025).
51. Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management*. M. Adámek, P. Bobek, V. Hadincova [et al.]. 2015, iss. 336, pp. 81–90.
52. Gizatullin A. T., Alekseenko N. A. Prediction of Wildfires Based on the Spatiotemporal Variability of Fire Danger Factors. *Geography, Environment, Sustainability*. 2022, iss. 15 (2), pp. 31–37.
53. Spatial and Temporal Analysis of Forest Fire Risk and Propagation in South Sumatra Peatlands: Insights from Remote Sensing and GIS (2014–2023). *Natural hazards*. C. A. Hapsoro, S. G. Maulina, M. K. Rifai [et al.]. 2025. Available at: <https://goo.su/5fkwQ> (accessed: 05.11.2025).
54. Spatial and temporal patterns and driving factors of forest fires based on an optimal parameter-based geographic detector in the Panxi region, Southwest China. *Fire Ecology*. J. Liu, Y. Wang, H. Guo [et al.]. 2024, vol. 20, iss. 27. Available at: <https://goo.su/96OvTW> (accessed: 05.11.2025).
55. Spatio-Temporal Analysis of Forest Fire Risk and Danger Using LANDSAT Imagery. *Sensors (Basel)*. B. Saglam, E. Bilgili, B. Dincdurmaz [et al.]. 2008, iss. 8 (6), pp. 3970–3987.
56. Zackrisson O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest. *Oikos*. 1977, vol. 29 (1), pp. 22–32.

Информация об авторах

Тобратов Сергей Анатольевич — кандидат биологических наук, доцент, руководитель научно-исследовательской лаборатории геохимии ландшафтов Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: геохимия ландшафтов, метеорология и климатология, экологическая геохимия, региональное ландшафтоведение, природная цикличность, системогенез в природе и обществе.

Железнова Ольга Сергеевна — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории геохимии ландшафтов Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: биогеохимия, фитоценология, биогеография, геохимия ландшафтов, устойчивость природных систем.

Information about the authors

Tobratov Sergey Anatolyevich — candidate of biology, associate professor, head of the research laboratory of landscape geochemistry, Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: landscape geochemistry, meteorology and climatology, ecological geochemistry, regional landscape science, natural cyclicity, systemogenesis in nature and society.

Zheleznova Olga Sergeevna — candidate of biology, junior researcher of the research laboratory of landscape geochemistry, Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: biogeochemistry, phytocenology, biogeography, landscape geochemistry, sustainability of natural systems.

Статья поступила в редакцию 11.11.2025; принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 11.11.2025; accepted for publication 12.01.2026.