

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ

Том II

**ГЕОЛОГИЯ УРАНА,
ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ**

Москва
2011

УДК 504.0
ББК 26.2
Г35

Экстремальные природные явления и катастрофы : в 2 т. / Отв. ред. А.О. Глико;
ИФЗ РАН. – М. : ИФЗ РАН, 2010; 2011.

ISBN 978-5-91682-012-6

Г35 Т. 2 : Геология урана, геоэкология, гляциология / Отв. ред. В.М. Котляков, ИГ РАН;
отв. сост. А.Л. Собисевич, ИФЗ РАН; – М. : ИФЗ РАН, 2011.

ISBN 978-5-91682-014-0

Во втором томе коллективной монографии изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, связанных с изучением актуальных проблем современной геологии урановых месторождений, геоэкологии и гляциологии, имеющих целью обеспечение безопасности населения и важных промышленных объектов на территории Российской Федерации. Анализируются основные промышленно-генетические типы урановых месторождений; рассмотрены новые прогрессивные технологии добычи радиоактивных материалов; изучено поведение актинидов в условиях долгосрочного хранения и захоронения отработанного ядерного топлива. Полученные научные результаты отражают современные проблемы безопасности атомной энергетики.

Приведены новые научные данные, связанные с изучением эволюции Антарктического и арктических ледниковых покровов, от состояния которых зависит уровень Мирового океана. Достаточно внимания уделено геоэкологическим проблемам Северного Кавказа. Анализируются уникальные данные, полученные при проведении глубокого керна бурения ледника на Западном плато вулканической постройки Эльбруса.

Изучены наиболее опасные геоэкологические процессы на территории РФ, которые могут привести к гибели людей, ранениям и потере здоровья, а также к значительным материальным ущербам; разработан специальный ГИС-проект, который является готовым к использованию продуктом со всеми элементами, присущими автоматизированной информационной системе специального назначения, содержащей развернутые базы данных.

Полученные новые научные результаты и разработанные технологии уже востребованы на практике.

Для специалистов в области наук о Земле, строительства и чрезвычайных ситуаций.

УДК 504.0
ББК 26.2

The Volume II of the collective monograph presents the results of both theoretical and experimental studies of actual problems of modern geology of uranium deposits, geoecology and glaciology in order to mitigate issues on public safety and potentially hazardous industrial facilities and consequent risks on the territory of Russian Federation. Primary types of industrial uranium ore deposits are analysed, new progressive technologies of prospecting of radioactive materials are considered, the behaviour of actinides in long-time storages and nuclear waste burial sites are studied. The results obtained represent modern safety problems of nuclear power engineering.

New scientific data related to evolution of glaciers in Arctic and Antarctica governing the global level of world ocean are presented. Specific attention is paid to geoecological problems in Northern Caucasus. Genuine data gathered in the course of deep core drilling on the Western plateau of the Elbrus volcano.

Most significant hazardous geoecological processes on the territory of Russian Federation, threatening populated areas in terms of human health and injury, substantial property damage are studied. The specialized geographical information system (GIS) is the database driven product with high level of automation and it has been developed in frames of the actual research initiative.

The new fundamental scientific results obtained and the new technologies developed are of particular interest for practical applications.

The book will satisfy the needs of specialists in Earth sciences, industrial construction applications and hazard assessment.

ISBN 978-5-91682-014-0
ISBN 978-5-91682-012-6

© Российская академия наук, 2011
© Коллектив авторов, 2011

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Учреждение Российской академии наук Ильменский государственный заповедник УрО РАН

ВВЕДЕНИЕ

Абиотические факторы играют ведущую роль в функционировании экосистем в условиях глобальных климатических изменений. Определение климата как многолетнего режима погоды какой-либо местности, представляет собой статистически обоснованные выводы из многолетних рядов наблюдений. Растительность каждой территории – это индикатор ее климата, поскольку распространение сообществ растений в значительной степени обусловлено региональными вариациями температурного и радиационного режима, а также влагообеспеченностью.

Климатические изменения проявляются на уровне структуры растительного покрова. Для оценки многолетних рядов трансформации фитоценозов предлагается учитывать следующие качественные и количественные характеристики: 1) фенологическую динамику растительности; 2) изменение видового состава растительного покрова; 3) изменение характеристик продуктивности сообществ; 4) режимы действия пожаров; 5) динамику ареалов распространения видов; 6) смещение границ биомов и переходных зон между биомами и др. [Голубятников, Денисенко, 2010]. Расчеты изменения первичной продукции с использованием модельных сценариев глобального потепления показывают, что средне- и южнотаежные темнохвойные и смешанные леса повысят годовую энтропию до 67, 44 и 35 % соответственно, что вызовет ускорение сукцессионных процессов и структурные изменения в растительном покрове. При увеличении энтропии происходит разрушение энергетической структуры фитоценоза, которое может выражаться в росте первичной биологической продукции, изменении механизмов саморегуляции фитоценоза, увеличении площади листовой поверхности, перераспределении ассимилятов растений, что приведет к изменению в соотношении надземной

и подземной биомассы фитоценоза [Голубятников, Денисенко, 2010].

На фоне многолетних флуктуаций современные отклонения климатических показателей малозаметны, однако их накопление при усилении имеющихся тенденций может способствовать скачкообразному переходу растительного покрова на качественно иной уровень. Изучение вклада природно-климатических факторов в формирование устойчивости растительных сообществ конкретных территорий, как никогда, актуально.

В данной работе анализируются некоторые аспекты влияния климатических изменений на растительность. Были поставлены следующие задачи: анализ динамики температуры и количества осадков в районе восточных предгорий Южного Урала за последние 40 лет и проверка наличия многолетних трендов; выявление связи данных факторов с фенологической ритмикой модельных видов растений; оценка влияния климатических факторов на формирование лесопожарных ситуаций и на состояние популяций редких видов.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиями охвачен Ильменский государственный заповедник с прилегающими к нему территориями. Южный Урал, благодаря своему географическому положению, сложности рельефа и геологического строения, отличается большим разнообразием природных условий. Заповедник как особо охраняемая территория представляет собой эталонный участок биосферы на восточном макросклоне Южного Урала и резерват относительно ненарушенных природных сообществ.

Территория заповедника расположена в восточных предгорьях Южного Урала и, частично, в прилегающей с востока зоне Зауральского пенеппена. Для нее

характерна меридиональная зональность рельефа, связанная с особенностями геологического строения. Невысокие горные хребты (300–747 м над ур. моря) сложены преимущественно основными магматическими и метаморфическими породами – миаскитами, сиенитами, амфиболитами, серпентинитами, пегматитами. Менее распространены кислые интрузивные породы – граниты и гранитогнейсы, а также осадочные и метаморфические породы (известняки, гнейсы, кристаллические сланцы). На востоке хребты соседствуют с всхолмленным Зауральским пенеблемом. Межгорные понижения заняты цепочками озерных котловин.

Почвенный покров отличается разнообразием и мозаичностью вследствие неоднородности почвообразующих пород, сложности рельефа и микроклиматических условий [Абатуров, 1961]. Широко распространены серые и бурые горно-лесные и лесные почвы, неоподзоленные или слабо оподзоленные. Большинство типов почв горно-лесной зоны представлено горными вариантами, для которых характерны сравнительно небольшая мощность, легкий механический состав (преобладают легкие и средние суглинки), различная степень скелетности, возрастающая при снижении мощности, хорошая дренированность. Нередко, особенно в верхних частях горных склонов, встречаются неполноразвитые щебнистые варианты почв. Распространены также различные типы луговых и болотных почв.

Климат. Характерен континентальный климат с продолжительной холодной зимой, коротким теплым летом и короткими весной и осенью. Радиационный баланс в целом за год на всей территории положительный и составляет от 23 до 25 ккал/см² [Алисов, 1947]. Определяющее влияние оказывает барьерная роль горных хребтов Южного Урала. Для восточных предгорий характерна большая сухость и континентальность. В течение всего года на территории преобладает западно-восточный перенос воздушных масс, хотя характерна и их меридиональная циркуляция, особенно в весенне-летний период.

Климат определяют следующие показатели: сумма положительных температур выше 10 °С – от 80 до 150 дней; продолжительность безморозного периода – от 70 до 105 дней; максимальные температуры 30–38 °С; абсолютный минимум составляет –50 °С; среднее годовое количество осадков – от 500 до 1000 мм; продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 160–190 дней; влажность воздуха колеблется в пределах от 64 до 84 %; средняя глубина промерзания почвы – 66 см. Годовая сумма осадков колеблется от 224 до 713 мм. Изменение величины зимних осадков по годам происходит обратно пропорционально сумме летних осадков, т. е. за малоснежной зимой обычно следует дождливое лето. Среднегодовая сумма осадков составляет 439 мм. Температурный режим региона резко меняется в зависимости от рельефа. В теплое время года котловины, окруженные горами, нагреваются сильнее возвышенностей. Зимой, наоборот, в котло-

винах скапливаются плотные, холодные массы воздуха, стекающие с окружающих охлажденных высот [Гордиенко, 2007].

Растительный покров. По восточным предгорьям Южного Урала проходят границы между единицами относительно высокого ранга всех видов природного районирования, в том числе геоботанического и флористического. Согласно ботанико-географическому районированию, Ильменский заповедник расположен в Вишневогорско-Ильменогорском геоботаническом округе в пределах подзоны предлесостепных сосново-березовых лесов южно-таежной лесной зоны. На западе эта подзона граничит с темнохвойными лесами водораздельных хребтов, на востоке – с лесостепью Зауральского пенеблема [Колесников, 1961; Куликов, 2005]. Согласно флористическому районированию России, большая часть Южного Урала выделяется в Южноуральскую подпровинцию Восточно-Европейской провинции Евросибирской подобласти, лесостепь Зауральского пенеблема относится к Подтаежно-лесостепной Западно-Сибирской подпровинции Североевропейско-Уралосибирской провинции той же подобласти.

Растительность представлена лесными, луговыми, степными и болотными сообществами. Господствующие позиции в структуре покрова занимают леса (более 80 % площади). Они сложены в основном сосной обыкновенной и березой повислой. Иногда доминируют береза пушистая, осина, лиственница, серая и черная ольха, липа. Практически все леса пройдены неоднократными рубками и пожарами и являются вторичными. Присутствуют также разнотравные луга, образовавшиеся на старых вырубках, многочисленные сенокосные поляны с остепненным травостоем и горно-ключевые высокотравные луга. Разнообразные и многочисленные болота не занимают больших площадей, почти все они образовались на месте «постаревших» озер или их бывших заливов. Реликтовым элементом растительного покрова служат группировки горных степей. Они занимают сухие щебнистые склоны южных экспозиций в местах выходов серпентинитов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Проанализированы среднегодовые и среднесезонные показатели температуры (°С) приземного воздуха и количества осадков (мм/месяц) за 40-летний период (1971–2010 гг.) Климатические характеристики района исследований составлены на основе обобщения данных метеостанций Ильменского заповедника и г. Миасса. За годовой период принят интервал времени с января по декабрь текущего года, зимний сезон включает декабрь предыдущего года.

Отбор феноявлений для составления Календаря природы Ильменского заповедника был начат С.Л. Ушковым в 30-е годы прошлого столетия.

В основу регулярного сбора фенологической информации положена визуальная оценка фенофазы выбранных объектов на постоянных маршрутах и площадях. В процессе работы придерживались трех принципов: постоянство списка объектов, места сбора материалов и методов фиксации фенологических дат. Выделены индикаторы сезонов и оценена зависимость развития высших растений от сезонных температур.

Эмпирические линии регрессии и линии трендов построены в программе Microsoft Graf. На диаграммах для линий трендов даны уравнения и величины достоверности аппроксимации (R^2). Коэффициенты корреляции (r) между осадками, температурами, пожарами и фенологическими датами посчитаны в программе Microsoft Excel.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Динамика климатических показателей. В последние десятилетия реальность глобального потепления климата подтверждается многими факторами. Главные из них – рост приповерхностной температуры, повышение среднего уровня океана и уменьшение площади снежного покрова на суше в Северном полушарии. Интенсивность потепления на равнинной части России в последние 60 лет, по мнению некоторых исследователей, существенно выше, чем на Земном шаре в целом [Груза и др., 2008].

Мы проследили динамику приповерхностных температур и осадков за последние 40 лет в нашем регионе. Четко прослеживается нерегулярная межгодовая изменчивость температур (рис. 1, а–д). Увеличивающийся коэффициент линейного тренда можно интерпретировать как среднюю скорость увеличения среднегодовых температур на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ за каждые 10 лет. Величина достоверности аппроксимации составляет 0,26. Размах температурных аномалий за сорокалетний период составил $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от 0° до $5\text{ }^{\circ}\text{C}$), в то время как на равнине он не превышает $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для земного шара он несколько превосходит $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Груза и др., 2008]. Самым теплым для Южного Урала оказался 2004 год (среднегодовая температура достигла $5\text{ }^{\circ}\text{C}$), самым холодным – 1975 год ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Наибольший вклад в повышение среднегодовых температур вносят зимние месяцы. В среднем происходит увеличение температур этого сезона на $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет ($R^2 = 0,2$). В самый теплый год на-

блюдалась самая теплая зима (средняя температура составила $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Во все теплые годы (1974, 1981, 1983, 1990, 1994, 2004) зимы не были морозными. Тем не менее, нельзя сказать, что теплая зима всегда гарантирует высокую среднегодовую температуру (см. рис. 1, а, б). Амплитуда ежегодных зимних температур за сорокалетний период составила $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от -16 до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В летние и осенние сезоны происходит незначительное увеличение температуры на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет ($R^2 = 0,1$). Амплитуды их ежегодных изменений значительно меньше, чем зимних. В летний период амплитуда составила $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $13,5$ до $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), в осенний – $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от -2 до $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). В каждом рассмотренном сезоне происходит увеличение среднемесячной температуры, о чем свидетельствуют восходящие линии трендов. В весенний период температуры не изменяются (см. рис. 1, з).

Многолетние колебания осадков (см. рис 1, е–к) не зависят от изменения среднегодовых температур ($r = -0,16$). Осенние, весенние и зимние осадки не связаны с изменениями температуры, но при увеличении летних температур общее количество осадков уменьшается ($r = -0,4$, при уровне значимости 0,05).

2009–2010 гг. отличались аномальными засухами. С 1 апреля по 6 июля 2009 г. осадки составляли не более $1\text{--}2\text{ мм}$, при этом средние температуры были в пределах нормы. В 2010 г. засухи отмечены с 1 апреля по 19 мая и с 23 августа по октябрь включительно. В остальные периоды летнего сезона осадки были незначительными и редко превышали 5 мм .

Анализ 12-летних средних (1972–1983 и 1996–2007 гг.), которые соответствуют периодам солнечной активности, показал, что среднегодовая температура за рассмотренный период в регионе повысилась на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). Основной вклад в потепление вносят зимние месяцы, температура которых возросла на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Небольшое увеличение (на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдается у летних и осенних среднемесячных температур. Средние показатели весенних температур остались неизменными. Среднегодовое количество осадков за рассмотренный период увеличилось незначительно – на $5,4\text{ мм}$. Наибольший вклад в увеличение осадков вносят весенние месяцы, где среднемесячные осадки изменились на $8,5\text{ мм}$.

Фенологическая динамика модельных видов растений. Каждому растительному сообществу свойственны периодические изменения, связанные с динамикой климатических факторов, поэтому крайне

Таблица. 1. Сравнительная характеристика среднемесячных сезонных температур в восточных предгорьях Южного Урала за 12-летний период

Период	Температура, $^{\circ}\text{C}$					Количество осадков, мм				
	год	зима	весна	лето	осень	год	зима	весна	лето	осень
1972–1983	1,8	–13,4	3,1	15,9	1,7	33,6	16,4	26,6	69,4	30,4
1996–2007	2,7	–11,4	3,0	16,9	2,7	39,0	17,9	34,7	72,4	33,4

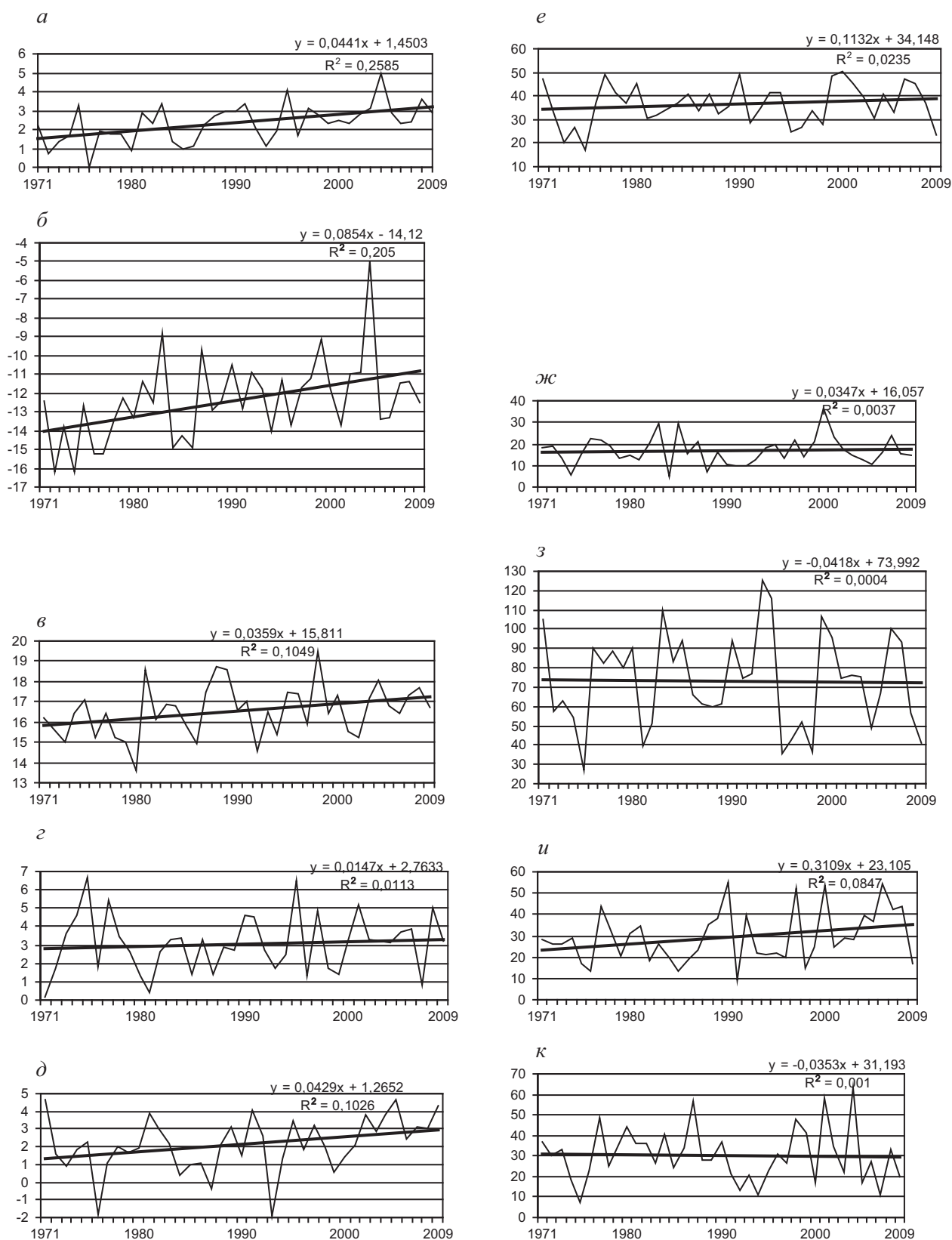


Рис. 1. Динамика температуры ($^{\circ}\text{C}$) и количества осадков (мм) в предгорьях Южного Урала на территории Ильменского заповедника:

а – среднегодовая температура; средняя температура: *б* – зимних месяцев, *в* – летних месяцев; *г* – весенних месяцев, *д* – осенних месяцев; *е* – среднегодовое количество осадков; суммарное количество осадков: *ж* – зимой, *з* – летом, *и* – весной, *к* – осенью

важно изучение реакции биоты на стрессовые погодные явления. В Ильменском заповеднике по программе «Летопись природы» с 1936 г. ведутся ежегодные фенологические наблюдения. В результате исследований выявлены растительные индикаторы сезонов.

Зимним индикатором служит образование воронок вокруг деревьев, которое отражает температурный режим и интенсивность солнечной инсоляции. В связи с повышением зимних температур такое фенологическое явление происходит раньше на 20 дней (рис. 2).

К ранневесенним индикаторам развития растительности относятся: начало сокодвижения у березы (*Betula pendula* Roth.), начало зеленения лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.) и березы, зацветание прострела желтеющего (*Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz.) и медуницы (виды *Pulmonaria*). Анализ среднегодовых дат наступления ранневесенних фенологических явлений показал, что растения по-разному реагируют на ежегодные флуктуации температур. Развитие ранневесенних видов не зависят от зимних и весенних осадков ($r = 0,2$). Температуры марта и апреля влияют на начало сокодвижения у березы (r составляет 0,55 и 0,6 соответственно) и цветение прострела желтеющего ($r = 0,68$, $r = 0,5$). Температуры апреля влияют на начало зеленения лиственницы ($r = 0,73$), березы ($r = 0,6$) и на зацветание медуницы ($r = 0,48$). Направленных изменений в сроках фенодат для ранневесенних индикаторных видов зафиксировано не было (рис. 3, а–д). Это, скорее всего, связано с тем, что время наступления периода вегетации, определяемое по накоплению положительных среднесуточных температур, осталось неизменным (рис. 4).

Поздневесенними индикаторами служат зацветание купальницы (*Trollius europaeus* L.), земляники (*Fragaria vesca* L.), калужницы (*Caltha palustris* L.), ракитника (*Chamaecytisus rutenicus* (Fisch. Ex. Wolszcz.) Klaskova) и пыление сосны (*Pinus sylvestris* L.) (см. рис. 3, е–к). Вегетация этих видов приходится на конец мая, после наступления среднесуточной температуры, равной 10 °С. Для них не установлено общей закономерности: цветение ракитника зависит от температур апреля ($r = 0,55$), развитие земляники и купальницы – от весенних осадков ($r = 0,53$, $r = 0,42$ соответственно).

К индикаторам летнего сезона относятся цветение шиповника (*Rosa majalis* Herrm.), поповника (*Leucanthemum vulgare* Lam.), иван-чая (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), созревание земляники и черники (*Vaccinium myrtillus* L.) (рис. 5). Фенологическое развитие летних массовых видов от осадков и температур не зависит.

К индикаторам осеннего сезона относится начало пожелтения березы и лиственницы (рис. 6). В этот период многие виды травяно-кустарничкового яруса заканчивают вегетацию. Для березы линия тренда направлена в сторону более раннего наступления осени. Начало этого явления зависит от количества осадков в июле и августе. При сухом жарком лете осень наступает раньше (в 1985, 1994, 1995 гг. рекордная дата

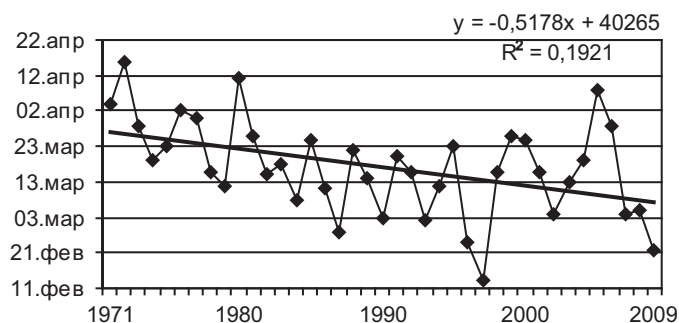


Рис. 2. Среднегодовые даты образования воронок вокруг деревьев на территории Ильменского заповедника

начала пожелтения березы 22–25 июля). В дождливое холодное лето осень может наступить в сентябре. Массовое пожелтение лиственницы (индикатор глубокой осени) наступает на 5–7 дней позднее, что, возможно, связано с увеличением периода вегетации (рис. 7). Этим же объясняется явление вторичного цветения весенних и некоторых летних видов (*Salix* sp., *Trollius europaeus* L., *Fragaria vesca* L., *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht., *Trifolium medium* L., *Dianthus deltoides* L.).

Состояние популяций редких видов растений. Развитие растений напрямую зависит от климатических факторов, особенно чувствительны к изменению условий среды редкие виды. Виды из семейства орхидные (Orchidaceae) часто являются стенобионтами, чутко реагирующими на уменьшение влажности субстрата. Многие из них включены в Международную Красную Книгу (КК), в Европейскую КК и в КК различных стран. Большая часть орхидных, произрастающих в нашей стране, занесены в КК РФ и региональные КК. Так, например, КК Челябинской области (2005) содержит 68 % от видового состава орхидей региона [Куликов, 2005]; КК Республики Башкортостан (2001) – 86 % [Суюндуков, 2002]. Флора этого семейства на Южном Урале насчитывает 37 видов [Мамаев и др., 2004], в том числе на территории Ильменского заповедника – 21 вид [Лесина, 2009]. Таким образом, орхидные могут служить модельной индикаторной группой при отслеживании изменений условий среды.

Изменения в растительных сообществах, влияющие на состояние популяций орхидных, связаны, в основном, с участвовавшими в последнее время продолжительными засухливыми периодами. Так, осушение болотных сообществ негативно влияет на популяции *Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze, *Liparis loeselii* (L.) L.C. Rich. В этот период они находятся в состоянии покоя и не образуют наземных побегов. При продолжительных засухах это может привести к выпадению редких видов из состава фитоценозов. Уменьшение влажности почвы остепненных лугов негативно влияет и на популяции *Orchis ustulata* L. В заповеднике этот вид в последние два года не вегетировал.

В лесных сообществах популяции орхидных реагируют на засуху уменьшением плотности и чис-

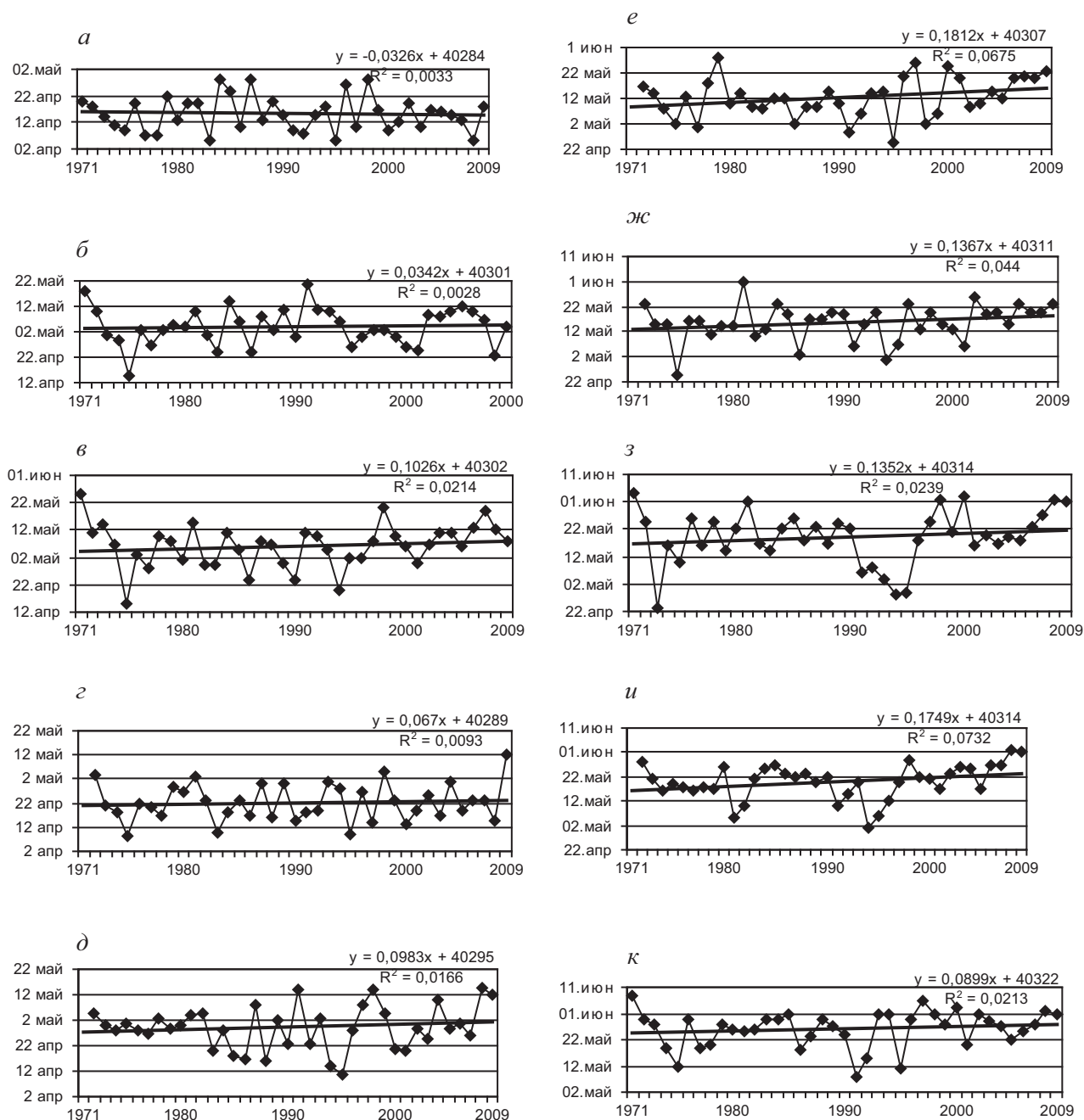


Рис. 3. Среднегодовые даты наступления весенних фенологических явлений на территории Ильменского заповедника:

а – начало сокодвижения у берез; начало зеленения: *б* – лиственницы, *в* – березы; начало цветения: *г* – прострела желтеющего, *д* – медуницы, *е* – калужницы, *ж* – ракитника русского, *з* – земляники, *и* – купальницы; *к* – начало пыления сосны

ленности (*Cypripedium guttatum* Sw., *C. macranthon* Sw., *C. ventricosum* Sw. *Neottianthe cucullata* (L.) Schlechter). Лесные бесхлорофилльные виды (*Corallorrhiza trifida* Chatel., *Epipogium apophyllum* Sw., *Neottia nidus-avis* (L.) L.C. Rich.) при отсутствии осадков не образуют надземных побегов и ведут подземный образ жизни за счет симбиотических грибов.

Анализ хода среднемесячных температур и осадков за весенний и летний период с 1971 по 2009 г. показал, что засушливых лет в последнее время стало больше (1975, 1981, 1998, 2009) (см. рис. 1). Аномальным в этом отношении был и 2010 г. Увеличение продолжительности периодов засухи приводит к иссушению почв. При продолжающихся аномальных климатических явлениях редкие виды (*Orchis ustulata*,

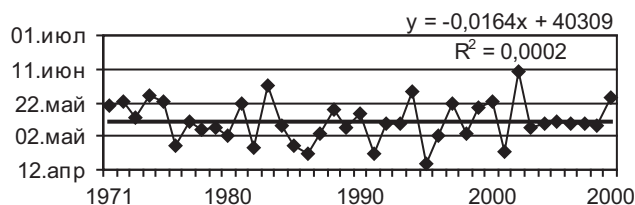


Рис. 4. Среднегодовые даты начала вегетации на территории Ильменского заповедника

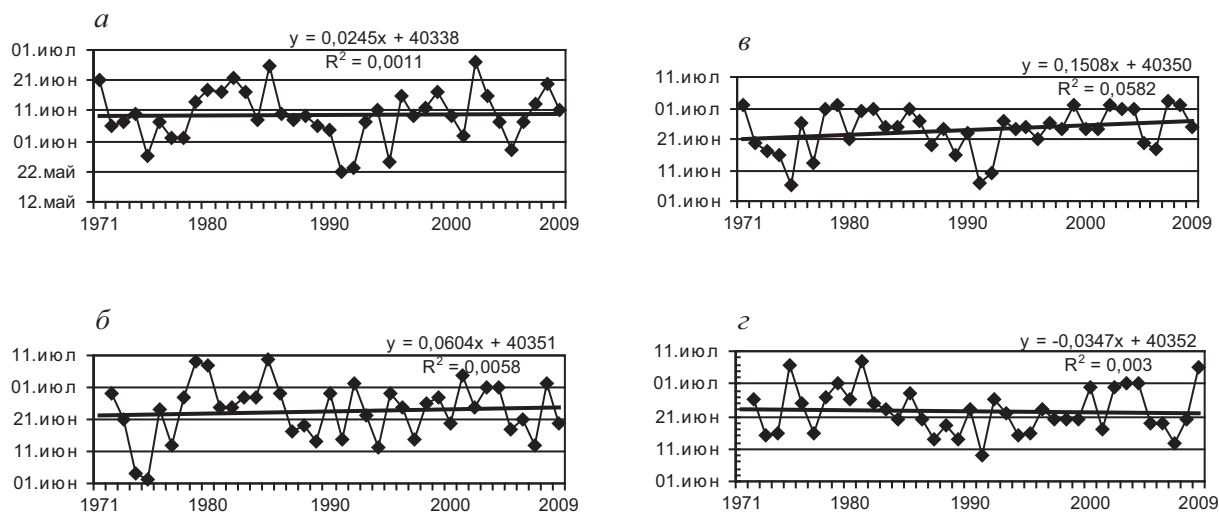


Рис. 5. Среднегодовые даты наступления летних фенологических явлений на территории Ильменского заповедника:

Начало цветения: а – шиповника, б – иван-чая, в – начало созревания земляники г – поповника;

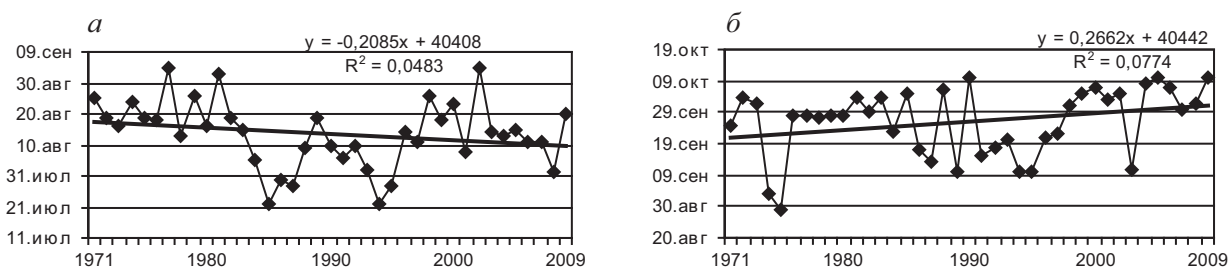


Рис. 6. Среднегодовые даты наступления осенних фенологических явлений на территории Ильменского заповедника):

Начало пожелтения: а – березы, б – лиственницы

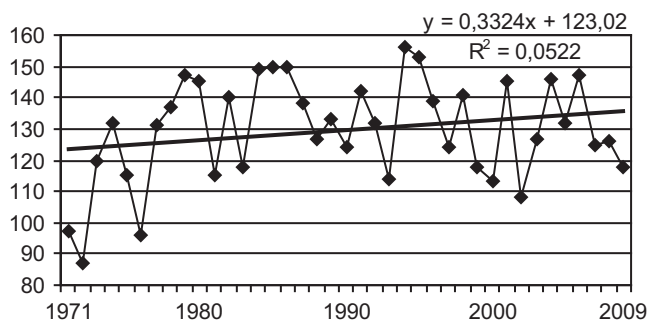


Рис. 7. Длина вегетационного периода на территории Ильменского заповедника

Cypripedium macranthon, *C. ventricosum*, *Corallorrhiza trifida* Chatel., *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *Epipogium apfhyllum* Sw., *Neottia nidus-avis*), произрастающие в виде немногочисленных локальных популяций, могут исчезнуть из состава фитоценозов. У болотных видов (*Hammarbya paludosa*, *Liparis loeselii*) есть шанс сохраниться на приозерных сплавинах. Единственный редкий вид, который не реагировал на аномальные климатические явления 2009 и 2010 гг. – *Cypripedium calceolus* L.

Влияние природно-климатических факторов на формирование лесопожарных ситуаций. В бореальной зоне пожары представляют собой постоянное условие коренных изменений естественной динамики сообществ [Работнов, 1978; Санников, 1981; Мартыненко, 2002]. Их влияние неоднозначно: с одной стороны, они нарушают природное равновесие между отдельными компонентами биогеоценозов, с другой – формируют видовое и структурное разнообразие фитоценозов. В отсутствии огневого фактора развитие популяции сосны приобретает регрессивный характер. Совершенствование теории и практики заповедного дела при установлении режимов охраны предполагает умение оценивать степень пожарных нагрузок на леса. Важной задачей проводимых исследований выступает изучение динамики лесных пожаров и их последствий на территории Ильменского заповедника, и разработка на этой основе рекомендаций по профилактике загораний, снижению фактической горимости и повышению эффективности охраны лесов от пожаров. Вызывает интерес выявление роли природно-климатических факторов, определяющих их возникновение и развитие.

Леса Ильменского заповедника по своей потенциальной горимости относятся к числу особо пожароопасных объектов, что предопределено преобладанием хвойных и смешанных хвойно-лиственных насаждений, горным рельефом, значительным количеством напочвенных горючих материалов и пр. Вероятность возникновения лесных пожаров во многом зависит от условий погоды. В засушливые годы к наиболее опасным в пожарном отношении I и II классам пожарной опасности относится 26 099 га или 85,9 % площади заповедника [Дубинин, 2007]. В то же время в увлажненные годы доля насаждений I и II классов пожарной опасности не превышает 16 808 га (55,1 %). В среднем на территории заповедника ежегодно возникает 14 лесных пожаров, пройденная ими площадь составляет 84,4 га и средняя площадь одного пожа-

ра – 6,8 га. Пожарная ситуация в заповеднике по числу пожаров на единицу площади определяется как «чрезвычайная», а горимость по площади пожаров на 1000 га – как «слабая».

Для того чтобы оценить влияние гидротермических условий на конкретный лесопожарный сезон, были проанализированы материалы Летописи природы с 1990 по 2004 г. Из всех рассмотренных регрессионных моделей динамики числа возгораний наибольшее значение *R*-квадрат установлено для полиномиальной аппроксимации в 6-й степени (рис. 8). Предложенная линия тренда, как правило, используется для описания величин, попеременно возрастающих и убывающих. Выявлены три «полусмены»: 1990–1994 (увеличения); 1995–1999 (уменьшения); 2000–2004 (увеличения числа пожаров).

Наибольшее влияние на горимость лесов в заповеднике оказывает изменение количества осадков по сезонам. Установлено, что максимальное число возгораний соотносится с минимальным числом осадков, и наоборот. Полученные коэффициенты корреляции имеют отрицательные значения (табл. 2), при этом для периода «лето» две «полусмены» характеризуются показателями *r* выше 0,5. Вероятно, в рассматриваемый сезон осадки выступают критическим фактором для формирования напочвенных горючих материалов. Не выявлено достоверного влияния на динамику горимости лесов средних значений температурного показателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований 1971–2009 гг. в предгорьях Южного Урала выявлен рост среднегодовых температур, в основном за счет зимних месяцев. Вклад летних и осенних температур менее значителен, а температуры весенних месяцев остались на прежнем уровне. Достоверных изменений количества осадков, как среднегодового, так и по сезонам, не обнаружено, однако одновременное повышение среднесуточных температур и уменьшение осадков весной и летом в отдельные годы приводит к увеличению продолжительности засушливых периодов.

Трендов в развитии растений-феноиндикаторов не обнаружено, однако при сохранении современных климатических тенденций в дальнейшем вполне вероятны как сдвиги в сезонном развитии отдельных видов, так и изменения в структуре растительных сообществ в целом. В частности, под угрозой могут оказаться редкие виды из семейства орхидных: *Orchis ustulata*, *Cypripedium macranthon*, *C. ventricosum*, *Corallorrhiza trifida* Chatel., *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., *Epipogium apfhyllum* Sw., *Neottia nidus-avis*, произрастающие в виде немногочисленных локальных популяций, что в итоге может привести к обеднению генофонда.

Таблица. 2. Значение коэффициента корреляции (*r*) в интервалах «полусмен» между частотой возгораний и количеством осадков в весенний и летний периоды в Ильменском заповеднике

Сезон	1990–1994	1995–1999	2000–2004
Весна	–0,73	–0,41	–0,36
Лето	–0,42	–0,64	–0,88

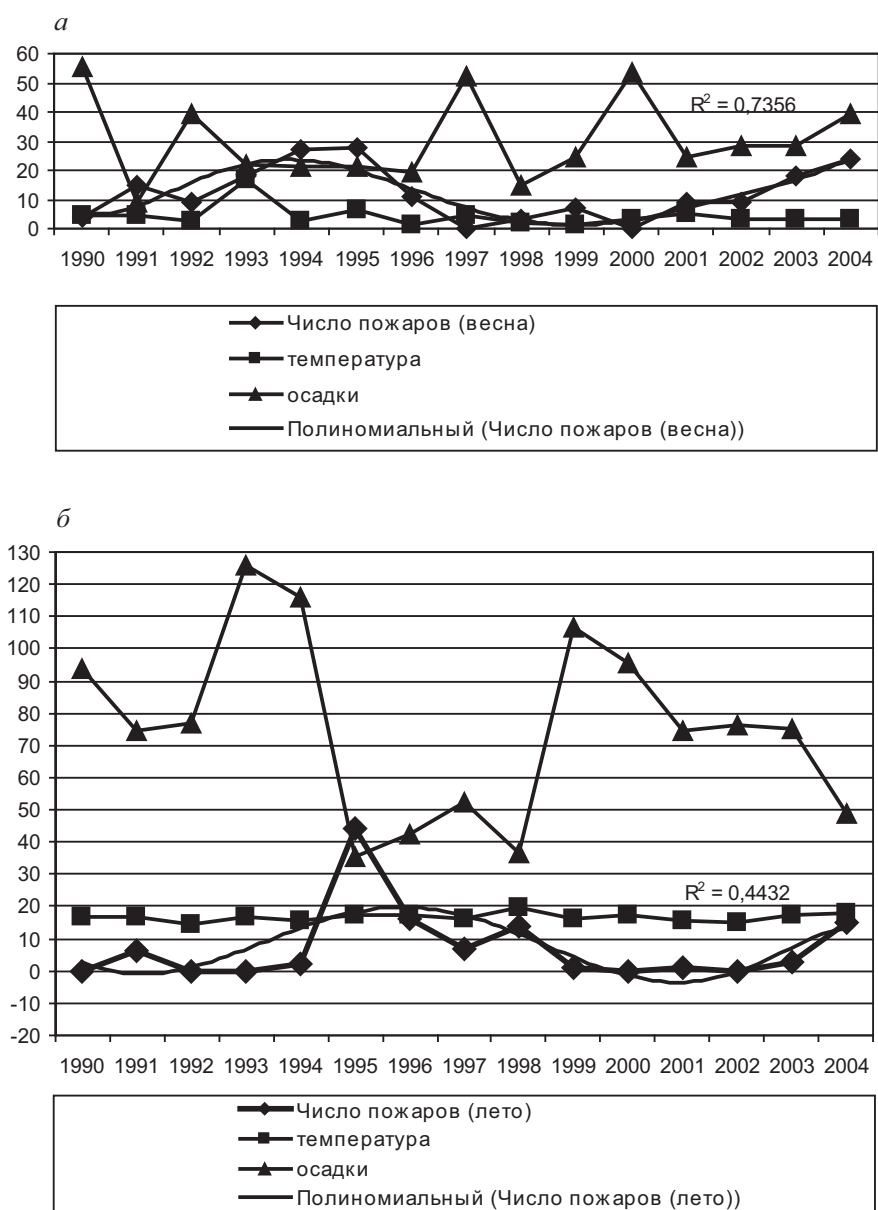


Рис. 8. Динамика частоты возгораний на территории Ильменского заповедника весной (а) и летом (б):

1 – число пожаров, 2 – температура воздуха, 3 – сумма осадков, 4 – число пожаров (полиномиальное вычисление)

Установлена статистически значимая связь динамики лесных пожаров с цикличностью атмосферного увлажнения с периодом 10 лет. Связь числа пожаров с температурным режимом пожароопасного периода не выявлена.

ЛИТЕРАТУРА

Абатуров Ю.Д. Краткая характеристика почв основных типов леса Ильменского заповедника // Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. 1961. Вып. 25. С. 47–58.

Алисов Б.П. Климатические области и районы СССР. М.: Географгиз, 1947. 211 с.

Голубятников Л.Л., Денисенко Е.А. Термодинамический подход к оценке влияния климатических изменений на растительный покров // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, № 1. С. 85–96.

Гордиенко Н.С. Сезонное развитие природы Ильменского заповедника. Екатеринбург; Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2007. 94 с.

Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Изменение климата на территории России: температура воздуха и атмосферные осадки // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. 6: Изменение климата: влияние земных и внеземных факторов / Отв. ред. Г.С. Голицын. М.: ИФА РАН, ИФЗ РАН, 2008. С. 11–23.

- Дубинин А.Е. Особенности горимости лесов и послепожарных последствий в Ильменском государственном заповеднике: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Екатеринбург, 2007. 23 с.
- Колесников Б.П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее геоботаническим районированием // Флора и лесная растительность Ильменского государственного заповедника им. В.И. Ленина / Тр. Ильменского гос. заповедника им. В.И. Ленина. Вып. 8. Свердловск: УФАН СССР, 1961. С. 105–129.
- Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург; Миасс: «Геотур», 2005. 537 с.
- Красная Книга Республики Башкортостан. Т. 1. Редкие и исчезающие виды высших сосудистых растений / В.Е. Кучеров, А.А. Мулдашев, А.Х. Галеева. Уфа: Китап, 2001. 280 с.
- Красная Книга Челябинской области: Животные, растения, грибы / Ред. Н.С. Корытин. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2005. 450 с.
- Лесина С.А. Орхидные Ильменского заповедника // Вестн. ОГУ. 2009. № 10. С. 108–112.
- Мамаев С.А., Князев М.С., Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 124 с.
- Мартыненко В.Б. Низовые пожары как фактор сохранения сосново-лиственничных лесов Южного Урала // Экология. 2002. № 3. С. 228–231.
- Работнов Т.А. О значении пирогенного фактора для формирования растительного покрова // Ботанический журнал. 1978. Т. 63, № 11. С. 1605–1611.
- Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. 1981. № 6. С. 23–33.
- Суюндуков И.В. Особенности биологии состояния ценопопуляций некоторых видов семейства на Южном Урале (Башкортостан): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Пермск. гос. ун-т. Пермь, 2002, 19 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю.Г. Гатинский, Д.В. Рундквист, Г.Л. Власова, Т.В. Прохорова</i> СЕЙСМО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЛАВНЕЙШИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И БЛИЖНЕГО ЗАРУБЕЖЬЯ	13
<i>В.И. Осипов, Н.И. Фролова, С.П. Суцев, В.И. Ларионов</i> ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО И ПРИРОДНОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	28
<i>В.И. Величкин, Б.П. Власов, М.В. Шумилин</i> ОСНОВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЫВШЕГО СССР И РОССИИ	49
<i>С.А. Дмитриев, В.И. Величкин, Б.И. Омеляненко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО УРОВНЕЙ РАДИОАКТИВНОСТИ	64
<i>В.И. Величкин, В.И. Мальковский, Н.Н. Тарасов, Ю.П. Диков</i> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ В РАЙОНЕ ОЗЕРА КАРАЧАЙ (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	77
<i>Б.И. Омеляненко, В.И. Величкин, С.В. Юдинцев</i> ПОВЕДЕНИЕ АКТИНИДОВ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА	86
<i>С.В. Юдинцев, Б.И. Омеляненко</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТЕХНЕЦИЯ	99
<i>И.Н. Солодов, А.К. Лисицин</i> ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УРАНА: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И МЕТАЛЛЫ, ИЗВЛЕКАЕМЫЕ СЕРНОКИСЛОТНЫМ ПОДЗЕМНЫМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕМ	109
<i>В.А. Петров, В.В. Полуэктов, Р.М. Насимов, А.А. Бурмистров, С.И. Щукин, Й. Хаммер</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УРАНОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В ГРАНИТАХ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОЯТ	124
<i>В.М. Котляков, Л.Н. Васильев, М.Ю. Москалевский</i> БАЛАНС МАССЫ АНТАРКТИЧЕСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА	139

<i>Ю.Я. Мачерет, А.Ф. Глазовский, И.И. Лаврентьев</i> ВОДА В ПОЛИТЕРМИЧЕСКИХ И ТЕПЛЫХ ЛЕДНИКАХ	152
<i>В.Н. Михаленко, С.С. Кутузов, О.В. Нагорнов, С.А. Тюфлин, И.И. Лаврентьев, С.А. Марченко, В.И. Окопный</i> СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ФИРНОВО-ЛЕДЯНОЙ ТОЛЩИ НА ЗАПАДНОМ ПЛАТО ЭЛЬБРУСА	180
<i>Ю.П. Масуренков, А.Л. Собисевич</i> ЭЛЬБРУССКОЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ – ИНДИКАТОР ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО И ФЛЮИДНОГО СОСТОЯНИЯ ВУЛКАНА	189
<i>А.Н. Хименков, Г.З. Перльштейн, Д.О. Сергеев, А.Н. Власов, В.П. Мерзляков, Ю.В. Халилова</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ	205
<i>Е.В. Коротеева, Е.И. Вейсберг, Н.Б. Куянцева, С.А. Лесина</i> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА	213
<i>А.Ю. Кудеярова</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СОРБЦИОННЫХ БАРЬЕРОВ ПРИ ЗАФОСФАЧИВАНИИ КИСЛЫХ ПОЧВ	223
<i>И.В. Галицкая, И.А. Позднякова, Л.С. Томс</i> МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПРОГНОЗА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОПРИРОДНЫМ ГЕОХИМИЧЕСКИМ РИСКОМ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	239
<i>Л.С. Кучмент, А.Н. Гельфан</i> СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МАСШТАБОВ И РИСКА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА	252
<i>В.В. Адушкин, П.П. Фирстов</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ В АТМОСФЕРЕ	264
<i>А.Ю. Озеров</i> МЕХАНИЗМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ФОНТАНИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И ПРИРОДНЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ)	279
<i>О.В. Руденко, А.Л. Собисевич, Л.Е. Собисевич</i> О ФИЗИКЕ АКУСТИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ И МЕДЛЕННЫХ ВОЛНАХ В ГРАНУЛИРОВАННОЙ ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ	299
<i>В.Н. Николаевский</i> ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – СОБЫТИЯ И ПРЕДВЕСТНИКИ УДАРА	316
<i>Б.В. Левин, Г.В. Шевченко, В.М. Кайстренко, Т.Н. Ивельская, Т.К. Пинегина, Н.Г. Разжигаева</i> ПРОБЛЕМА ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АСПЕКТ)	332
<i>В.А. Семенов, И.И. Мохов, М. Латиф</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ	355

Ю.Н. Авсюк, А.Л. Собисевич

ПРИЛИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЯ – ЛУНА – СОЛНЦЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ	373
--	-----

В.Ч. Хон, И.И. Мохов

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА К ИЗМЕНЕНИЮ ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	392
---	-----

*В.М. Григорьев, Л.В. Ермакова, А.В. Мордвинов, Ю.А. Наговицын, А.Г. Тлатов,
В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий, Е.Ю. Наговицына, А.И. Хлыстова, С.А. Язев*

ВОЗНИКНОВЕНИЕ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ, ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГЛОБАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В 11-ЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ И НА ДЛИТЕЛЬНОЙ ШКАЛЕ ВРЕМЕНИ	399
---	-----

С.И. Сороко, В.П. Рожков, Е.Г. Сергеева, С.С. Бекшаев, С.С.Андреева, И.В.Николаев

ОСОБЕННОСТИ MORFOFУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ГЕМОДИНАМИКИ МОЗГА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО СЕВЕРА	413
---	-----

Научное издание

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И КАТАСТРОФЫ

В 2 томах

Том 2

ГЕОЛОГИЯ УРАНА, ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЛЯЦИОЛОГИЯ

*Печатается по решению Научного совета Программы
фундаментальных исследований президиума РАН № 4*

Ответственный составитель д.ф.-м.н. *Собисевич Алексей Леонидович*

Технический редактор *В.И. Горбенко*
Компьютерная верстка *К.А. Мордвинцев*
Корректор *С.Б. Сулова*

Подписано в печать 05.09.11. Формат 60×90/8
Гарнитура Таймс. Бумага мелованная. Печать офсетная
Усл. печ. л. 54. Тираж 200 экз.

ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН
123995 ГСП-5, Д-242, Москва, ул. Б. Грузинская, 10

Отпечатано в типографии издательства «ПРОБЕЛ 2000»
109544 Москва, ул. Рабочая, 91