

гене́за – значительная масса полуразложившихся опилок, обилие хлопьев синтетических поверхностно-активных веществ, запах сероводорода и др. В других случаях антропогенной прессинг проявляется опосредованно, через повышенные концентрации загрязняющих веществ. Отметим, что хотя концентрации отдельных загрязнителей и настоящее время не столь велики, но, принимая во внимание их устойчивую тенденцию к росту и малые скорости седиментации в озере, можно прогнозировать достижение ими в недалеком будущем критических значений. Учитывая, что многие загрязняющие вещества могут переходить из осадка в воду, области их устойчивого накопления (особенно в пределах зон эрозии с проявлением процесса аккумуляции) следует признать экологически опасными. Зоны постоянной аккумуляции, концентрируя загрязнители, являются потенциальными очагами вторичного загрязнения Ладожской воды, в силу чего несут в себе максимальную экологическую опасность.

#### Литература

1. Барков Л. К., Щербаков Е. М., Усенков С. М. Состав и динамика современных донных осадков южной части Ладожского озера // Вестник ЛГУ. 1983. Сер. 7. № 6. С. 32–40.
2. *Геоэкология Ладожского озера* / Под ред. В. И. Иванова, Э. И. Гуревича. СПб: Изд-во ВНИИОкеангеология. 1995. 209 с.
3. Гусаков Б. Л., Петрова Н. А. Влияние водной и антропогенной нагрузок на отдельные участки прибрежной зоны озера // Ладожское озеро – критерии состояния экосистемы. СПб. 1992. С. 266–280.
4. *Медико-географический справочник Карельской АССР* / Отв. ред. Л. Л. Кел-пер. Петрозаводск. 1990, 80 с.
5. Усенков С. М. Гранулометрия поверхностных донных отложений Ладожского озера // Вестник СПбГУ. 1993. Сер. 7. Вып. 3. № 21. С. 48–57.
6. Усенков С. М., Ситников Т. А. Геоэкологические аспекты изучения осадков Ладожского озера // Литология и полез. ископаемые. 1997. № 6. С. 649–660.
7. Усенков С. М., Свешников В. А., Щербаков В. А. Природный и техногенный седиментогенез в Ладожском озере. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 140 с.

Дмитриев А. Н.\*, Шитов А. В.\*\*

\*Институт геологии СО РАН, г. Новосибирск

\*\*Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск

## ЭКОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

Исследуется грозовая активность Горного Алтая. Учены и обработаны данные по 11 340 грозам с 1955–1999 гг. в пространстве основных и вспомогательных признаков ( $n = 14$ ). Обработка данных проведена по программе СУБД – «Гроза». Обнаружены основные очаги гроз и их миграция по территории; вскрыт «грозовой меридиан», к которому приурочены грозопожары и повреждения ЛЭП. Выявлена периодизация грозовой активности во времени и установлена гелиозависимость грозовых процессов на исследуемой территории. Подтверждена, ранее выявленная гелиозависимость ряда электромагнитных процессов на территории Горного Алтая и закартированы основные участки с повышенной гелиочувствительностью. Осуществлена попытка выявления реагирования грозовых процессов на техногенные воздействия (на ракетные пуски с Байконура и ядерные взрывы на Семипалатинском полигоне). Получены пространственно-временные характеристики об аварийности ЛЭП-100 кВ от гроз.

### 1. Актуальность проблемы и новые направления изучения грозоактивности

В последнее десятилетие, в связи со скоростным изменением климатической машины Земли, возникли сложные задачи по поиску конкретных признаков прогноза региональных климатических перемен. Неравномерность климатических перемен особенно характерна для горных стран. Научное реагирование на эти события становится все более обширным и ответственным [3, 4, 10, 15, 22, 24, 31, 41].

К концу 90-х годов к исследованию «технологии» скоростных климатических изменений подключились физики, планетофизики, геофизики и гелиогеофизики [2, 9, 7, 48, 50]. Внимание специали-

стов указанных направлений значительно углубило научную проработку вопросов смены климатического состояния Земли и приблизило к разгадке некоторых причин крупномасштабных процессов. Сейчас большинство исследователей придерживается версии, по которой планетофизические преобразования связаны с расширением процессов солнечно-земных взаимодействий и с космическими процессами в Солнечной системе [21, 26, 27, 29].

Развитие климатических изменений сопровождается не только температурными изменениями и нарушением влагооборотных процессов, но и переменами в состоянии геофизических полей. В частности, все больше доводов в пользу инверсии геомагнитного поля. Так, согласно данным Ньюита [49], скорость перемещения Северного магнитного полюса в 2001 году удвоилась и достигла 50 км в год. Значительного уровня достигли вещественно-энергетические изменения в режиме солнечно-земных взаимосвязей. Именно в связи с возрастающей энергоемкостью солнечно-земных взаимосвязей, а также и межпланетных взаимодействий наметилось увеличение энергоемкости и функциональной значимости грозовой активности [31, 36, 38, 40]. Сейчас отмечается изменение общей мировой карты грозораспределения. И к хорошо известным региональным очагам гроз добавляются новые. Кроме того, отмечается нарастание проявления разнообразия грозовых разрядов [15, 18, 20, 22, 24, 51, 53].

Особенно большое значение для общего режима состояния стратосферы и нижнего ионосферного D-слоя, имеет разновидность грозопроцессов под общим названием спрайты (Sprites) [52]. Эти разряды, согласно спутниковым регистрациям, часто наблюдаются на значительном расстоянии поверх грозовых облаков, сначала такие разряды наблюдались в основном на юге Тихого океана. Первые их спутниковые изучения относятся к 1995 г., и в последующие годы была проведена регистрация спрайтов над многими горными системами. Вспышки кратковременны (от 20 до 100 мс), но весьма энергичные (до  $10^{12}$  Дж [60]) происходят на высотах 40–100 км от поверхности Земли. Считается, что эти разряды тяготеют к участкам стратосферы, где развиваются квазиэлектростатические процессы, и где потенциалы электричества во время грозы превышают 1000 В/м. Характерно, что над такими территориями спрайты регистрировались самолетными «дальниками» грозорегистраторами еще в середине 80-х годов.

Особенно интенсивно в настоящее время исследуется общая энергетика грозоразрядов и токи в разрядах с инверсированными зарядами [20]. Дистанционные регистрации энерговыделений и токов в молниях «земля–облако», «облако–облако» (импульсные радары и регистрация следа) показали, что во всех типах молний энерговыделение колеблется в пределах 115–800 Дж/м. Характерно также, что на широте 45 °С длительность тока в горах в 2,5 раза меньше, чем на равнинных площадях.

В связи с ростом общей энергоемкости гроз на Земле в последние годы были выявлены особо насыщенные очаги гроз. Именно над такими участками со спутниковых систем, в два последних десятилетия начали регистрировать вспышки гамма-излучения. Этот факт был неожиданным, и, тем не менее, он подтвердился надежными измерениями со спутниковых систем. Впоследствии установили, что гамма-излучение возникает в случаях, когда число разрядов в грозовом активном объеме («грозовом реакторе») превышает 100 грозовых импульсов в минуту. Полного картирования этих очагов активности еще не произведено, но укрепляется предположение о том, что очаги нарастающей интенсивности гроз тяготеют к зонам вертикального энергоперетока во взаимодействии оболочек Земли [25, 28, 29, 30, 32, 35, 39, 42].

Учащается также и количество «сухих гроз», что наиболее четко указывает на модифицированную геолого-геофизическую специфику грозоразрядных процессов. Кроме того, в ряде мест начали регистрироваться грозовые разряды положительного знака [20, 44], эта инверсия знака заряда молний резко повышает пожароопасность, местами в 6–8 раз. Пожары Мексики, юго-западных штатов США и Восточной Сибири 1998 года, возможно, имеют эту причину.

Все более отчетливо и разносторонне выявляется связь грозовой активности с солнечной [15, 31, 44]. При этом для грозового очага в Якутии, например, была обнаружена (за 1973–1993 гг.) высоко значимая отрицательная связь ( $-0,83$ ) интенсивности гроз с вариацией солнечных пятен [22].

В последние годы грозоактивность подвергалась изучению в более широком контексте взаимодействия оболочек Земли. Верхнее полупространство, как среда распространения и генерации электромагнитных волн, изучается во взаимосвязи с процессами тектонофизического неравновесия земной коры [5, 30]. Обнаружены также и новые радиоволновые помехогенерирующие осо-

бенности грозовых процессов [16, 19, 21, 26, 42] и пересматриваются оценки количества грозоразрядных процессов над Мировым океаном и над сушей.

Все больше исследовательского внимания уделяется выяснению функциональной роли шаровых молний [37, 41, 47] и другим формам природных самосветящихся образований [1, 13, 18, 53]. В последние годы пристально изучается энергоструктурная связь разнообразных энергопроявлений при возникновении торнадо – особенно старших энергоемких классов ( $F \geq 3$ ) [51]. По мере углубления исследовательских методов прогноза землетрясений и выяснения физической природы очагов землетрясений заострилась проблема истинных и фиктивных электромагнитных предвестников землетрясений [28, 34, 39, 40, 42].

В комплексе изучения региональных признаков скоростных климатических изменений все более отчетливо проявляется роль энергоемких грозовых процессов, модификация которых происходит совершенно непредсказуемым образом. Именно вновь вскрываемая геофизически функциональная роль гроз и является предметом начала изучения грозоактивности на территории Горного Алтая, в том числе и с целью уточнения региональной специфики климатических перемен. Охарактеризуем общую феноменологию грозовых процессов, рассмотрим вопросы обнаружения некоторых общих закономерностей гроз на исследуемой территории, построение возможных схем интерпретации полученных результатов и формулировки полученных выводов.

## 2. Общая и региональная постановка задачи

Исследование грозоактивности Горного Алтая, с учетом его географической и геолого-геофизической специфики [15, 18, 45], представляет собой региональное звено в общей проблеме исследования грозовых процессов на Земле. В свою очередь интегральная грозоактивность планеты включена в более общую проблему изучения функционирования электрического поля Земли, а также и ее магнетизма.

Изучая физику и энергетическую сторону грозовых процессов нельзя не учитывать характер динамики и количественных оценок планетарного электрического поля. Широко известно, что поверхность Земли заряжена отрицательно по отношению к окружающей ее атмосферной оболочке. За стандарт электрической напряженности поля ( $E$ ) над сушей принята величина порядка 100 В/м.

По направлению от поверхности Земли к её газо-плазменным оболочкам напряженность экспоненциально падает. Регистрируемая плотность тока  $J$ , направленного к поверхности Земли, составляет около  $10^{-12}$  А/м<sup>2</sup> и значимо не зависит от высоты над поверхностью. С набором статистических данных по электрическим замерам выявилось, что напряженность поля ( $E$ ) имеет суточное колебание. Причем, в какой бы точке Земли не измерялась напряженность, ее максимальное значение приходится на 19 часов по лондонскому времени (Гринвичскому меридиану) (рис. 1). Впоследствии это глобальное электроколебание было названо унитарной вариацией электрического поля Земли.

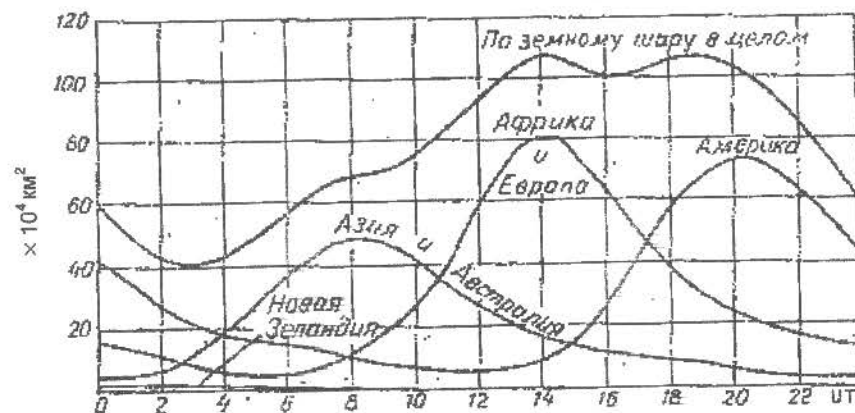


Рис. 1. Суточное изменение площади охваченной грозами [27].

В ключе данной постановки задачи огромное значение имеет общеизвестный факт, о том, что максимальное количество гроз на земном шаре происходит в окрестности 19 часов по лондонскому времени. Характерно также, что грозоактивные максимумы на Земле располагаются над территориями океанов, где должна наблюдаться обратная [положительная] полярность электрического поля, а напряженность поля составляет 120–140 В/м. Эти регистрационные данные дополняются уже для суши новыми предположениями В. В. Кузнецова [44] об электрогенерационной роли Мировых магнитных аномалий: две в западном полушарии (Канадская и отрицательная Бразильская) и две в восточном (Восточно-Сибирская и Южный полюс). Выявленная поглощающая

способность космического радиационного материала Мировыми магнитными аномалиями позволяет допускать возникновение течения «тока» к поверхности Земли с большей интенсивностью, чем за пределами площади аномалии. Большие значения вертикальной составляющей магнитного поля, чем горизонтальной (характерное для Восточно-Сибирской аномалии), подкрепляет высказанное предположение, о том, что в районе мировых аномалий могут возникать условия для инверсии знака заряда поверхности земли [44].

Данная постановка задачи учитывает специфику геолого-геофизических характеристик Горного Алтая, а именно: сгущенной разломной сетью, гелиочувствительностью, высокой встречаемостью природных самосветящихся образований, значительной неравномерностью сейсмичности [13, 16] и др. Территория Горного Алтая, с ее зонами вертикального энергоперетока [33, 34], может представлять собой своеобразный полигон для широкого поиска природного развертывания разнообразия энергоемких грозовых процессов при возникновении особых признаков регионального изменения климата.

В ключе общего состояния проблемы первым этапом решения задачи грозоактивности Горного Алтая является обнаружение очагов гроз, их миграции по территории и периодизации проявления во времени. Последующие этапы решения нацелены на выявление энергетических характеристик и экологических следствий грозоактивности. Для решения этих этапов была создана база данных, в которую вошла не только полная совокупность стандартных для метеорегистрации характеристик гроз, но и другие данные гео- и гелиофизического содержания (с 50-х годов). В частности, в ходе разработки базы данных за это время были подсоединены и количественные характеристики о геомагнитном режиме, и некоторые гелиофизические показатели.

В общие интерпретационные схемы изучения энергетики, взаимосвязей и картирования грозоактивности Горного Алтая вводилась информация тектонофизического профиля по тому или иному виду взаимосвязей и очагу сгущения гроз. Исследуемая территория является уникальной также и по причине размещения на ней тангажных плоскостей ракетных пусков. Сотни ракетных пролетов вызывают длительные турбулентные процессы в нижней ионосфере [8, 43] и способствуют модификации газо-

плазменных неустойчивостей и физико-химических процессов в стратосферно-тропосферной оболочке [33].

Основной целью постановки данной задачи является обнаружение ответов на вопросы грозоактивности общего характера, а также: изменения интенсивности грозоактивности на исследуемой территории; выявление взаимосвязей с вариациями магнитного поля в связи с Солнечной активностью и картирование основных грозовых очагов с максимальным экологическим риском (в связи с пожарами и повреждением ЛЭП). В качестве дополнительной цели формулируется задача по выявлению разнообразия физического характера проявления грозоактивных процессов, а также их приуроченность к зонам вертикального энергоперетока, где максимизируется встречаемость наблюдений природных самосветящихся образований.

### 3. Исходная информация и База данных по грозоактивности Горного Алтая

При изучении динамики и интенсивности грозоактивности на территории Республики Алтай были использованы архивные данные гидрометеобюро республики. В общей сложности при изучении грозоактивности Горного Алтая была учтена и обработана информация по 11 340 грозам за 1955–1999 годы (в пространстве 24 признаков). Для общего анализа отбирались сведения о грозоактивности по всем когда-либо существовавшим на данной территории метеостанциям. При этом выяснилось [15], что некоторые метеостанций функционировали короткое время. Временные интервалы проводившихся на разных станциях наблюдений иногда не совпадают. Кроме этого, в изучаемый период времени менялась методика наблюдения, регистрации признаков и подсчета гроз. Все это было осложняющим фактором при изучении атмосферного электричества и влияло на характер распределения гроз. Например, до и после 1970 года методика определения гроз была разной. При изучении журналов наблюдений отбирались следующие сведения по грозам: дата, время начала и конца, характер грозы. Так же осуществлялась выборка по некоторым другим необычным метеоявлениям: зарницы, смерчи, температурные скачки, влажность атмосферы и др.

В связи со слабой разработанностью физики гроз в целом и особенно в период модификации климата и наращивания грозоактивности на Земле, потребовался дополнительный учет харак-

теристик геолого-геофизической среды и солнечно-земных взаимосвязей. Как уже упоминалось, выявленные прямые и обратные корреляции некоторых видов тропосферных и аэрокосмических явлений [1, 14] с солнечной активностью (числа Вольфа) позволяют расширить число учтенных и функционально значимых параметров. Это тем более необходимо, поскольку поиск прямых региональных признаков скоростного изменения климата еще только начинается. Именно поэтому пространство признаков было расширено, как в сторону учета природных характеристик, так и в сторону скоростных энергоемких техносистемных процессов.

В целом работа по созданию базы данных и ее наполнению ориентирована была в сторону не только получения данного конкретного результата, но и на пригодность решений в мировой схеме исследований грозоактивности. Следует подчеркнуть, что такая ориентация вытекает из новизны самой проблемы, поэтому подразделение дополнительной информации на: техногенную, геофизическую и гелиофизическую представляется в качестве некоторого опытного поискового приема при изучении грозоактивных событий.

Техногенное давление на геолого-геофизическую среду Горного Алтая складывается из двух основных энергоемких процессов: ракетные пуски и ядерные взрывы. В отношении этих процессов уже нет сомнения в силе их воздействия на оболочки Земли (особенно на газоплазменные оболочки). Поэтому в базу данных были включены и даты: запусков ракетносителей «Протон» над территорией Горного Алтая, а также ядерных взрывов на Семипалатинском исследовательском полигоне [СИП] и на Китайском исследовательском полигоне в районе озера Лобнор [17].

Состояние геолого-геофизической среды учитывалось по значениям общепланетарных геомагнитных индексов, которые отражают колебания напряженности магнитного поля Земли: C9, Kp, Ap. В связи с тем, что землетрясения, как правило, сопровождаются значительным выделением глубинных газов, то важно было выяснить влияет ли локальное изменение газового состава природной атмосферы на грозовой режим? Для этой цели в базу данных был введен информационный файл по сейсмической активности Алтае-Саянской складчатой области за исследуемый период времени.

В срезе солнечно-земных взаимосвязей, по мере работы, оказалось необходимым также расширить и гелиофизические дан-

ные. Помимо пятнообразовательной активности на Солнце (числа Вольфа), нами были учтены: скорость солнечного ветра и активность солнечных меридианов, которые отмечались номером земных суток (от 1 до 27) каждого солнечного оборота вокруг своей оси. В последующем была учтена нумерация оборотов Солнца.

#### 4. Анализ основных результатов исследований грозоактивности

Изложение результатов начнем с энергоемких техногенных воздействий на исследуемую территорию.

1. **Воздействие ракетных пусков на грозовую активность** изучалось в пределах учтенной информации. В частности, установлено, что процессы запуска космических аппаратов стимулируют дополнительное возникновение гроз. В попытке выявить грозовую чувствительность Горного Алтая на пуски ракет нами были изучены дни пуска высокотоннажных ракетносителей «Протон» и «Союз» с космодрома Байконур (рис. 2). Дело в том,

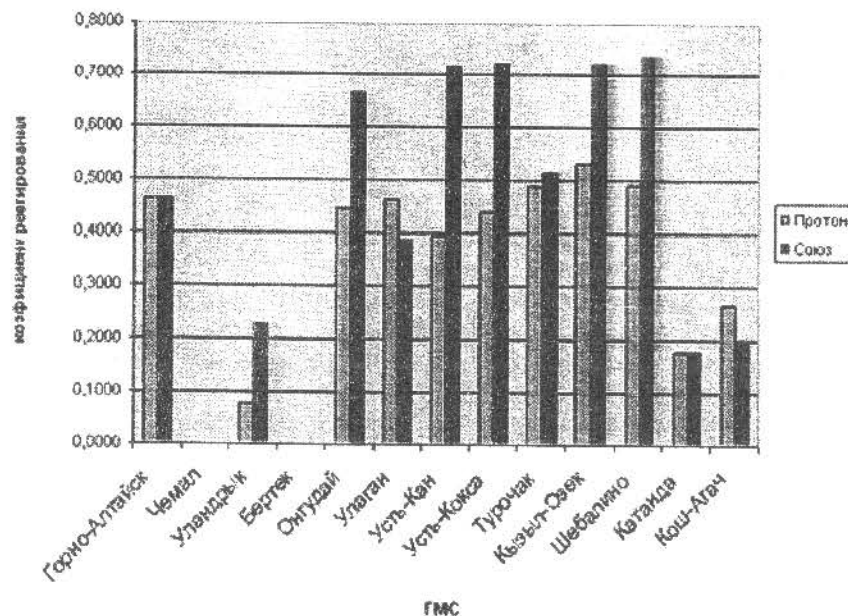


Рис. 2. Коэффициент реагирования грозовой активности на запуски различных ракетносителей.

что эти пуски ложатся в веер тангажных плоскостей по всей территории республики Горный Алтай. В качестве задачи и рабочего предположения были взяты утверждения о нарастании числа гроз в день ракетных пусков и гипотеза о том, что в день пуска грозы должны «высыпаться» по коридору ионосферной турбулентности, возникающей после проработки плоскости пуска двигателем топливом [8, 13, 16].

«Съемка» грозоактивности территории республики Алтай в день пуска ракет осуществлялась всеми 26-ю гидрометеостанциями. Таким образом, достигалась возможная объективность опроса территории на реагирование режима атмосферного электричества в тропосфере на канал ракетного пуска. В верхней атмосфере при возникшей ионосферной турбулентности, четырехстадийное затухание которой в некоторых случаях происходило в течение суток, развивались энергоемкие процессы влияния на электрообстановку и в стратосферных слоях [8].

Для изучения реагирования грозовой активности на различные типы ракетносителей, была произведена выборка количества гроз в дни запусков. В связи с тем, что существующие тангажные плоскости запусков различаются по типам ракетносителей, то мы выделили дни с грозой при запуске по тангажной плоскости РН «Союз» и РН «Протон». С целью учета региональных особенностей грозовой активности по ГМС, была произведена нормировка, заключающаяся в делении количества гроз в дни запусков, на среднегодовое количество гроз по ГМС. Полученный в результате коэффициент реагирования грозовой активности сети ГМС на воздействие запуска РН изображен на рис. 2. В результате была выделена максимизация грозореагирования по тем ГМС, которые располагаются в районах энергоактивных зон (Усть-Кокса, Онгудай, Шебалино, Кызыл-Озек). Эта территориальная полоса легла на выявленный «грозовой меридиан» Горного Алтая [15].

Итак, даже в такой общей постановке задачи об отклике грозовой активности на ракетные пуски, решение оказывается положительным, т.е. подтверждающим более ранние результаты о стимуляции грозовой активности ракетными пусками. Физика, физикохимия этого эффекта, видимо, еще связана с качеством геолого-геофизической среды территории и с режимом магнитосферных процессов. Далее следует сделать эколого-ориентированный вывод о том, что наряду с общим нарастанием грозовой активности «ракетный вклад» в энергию и частоту встречаемости гроз

может в определенных случаях значительно нарастать. На грозоциклическую продуктивность ракетных пусков указывали и многие исследователи.

Таким образом, ракетные запуски оказывают существенное влияние на метеоусловия по большим территориям и часто бывают катастрофичны в плане градобойности. Изменяются макротурбулентности верхней атмосферы, внутрисферный и межсферный перетоки, их динамика, влияющая на большое количество метео- и геофизических параметров.

**2. Воздействие ядерных взрывов** на метеорологическую обстановку общеизвестно, но обычно такое воздействие рассматривается в ближайшей окрестности испытательных полигонов. Как правило, в этих версиях учитываются прямые метеорологические процессы, возникающие вслед за произведенным взрывом, без учета трансляций электрически заряженных радиоактивных аэрозолей на далекие расстояния. Перемещающееся в атмосфере радиоактивное облако представляет собой своеобразный «электропровод», который при своем перемещении производит опрос качества геолого-геофизической среды. Поэтому в местах локализации знакопеременных магнитных аномалий или повышенной электризации атмосферы, даже слабое радиоактивное облако вызывает сильный метеорологический отклик, сопровождающийся локальным выпадением радиоактивных осадков.

Отметим, что на СИП с 1949 по 1990 годы взорвано 418 ядерных зарядов (из них 343 подземных [46]). Естественно следует рассмотреть возможные воздействия ядерных взрывов на грозоактивность со стороны воздушных, высотных и наземных типов взрывов. Подчеркнем, что горный Алтай представляет собой «сейсмоприемник» для взрывов на СИП и находится в сейсмической связи с полигоном во всем спектре сейсмических волн. В сильном геолого-геофизическом реагировании находится Горный Алтай и по отношению к ядерному испытательному полигону Китая на оз. Лобнор [17], на котором наземные испытания серии проводились с 1964 по 1980 годы. Подчеркнем также, что основные испытательные серии (во все годы) проводились за пределами сезонных максимумов грозоактивности, т.е. в августе–ноябре. Следует подчеркнуть, что на Новоземельном испытательном полигоне в режиме подземных взрывов общая энергия взрывов превысила 20 МГт [46].

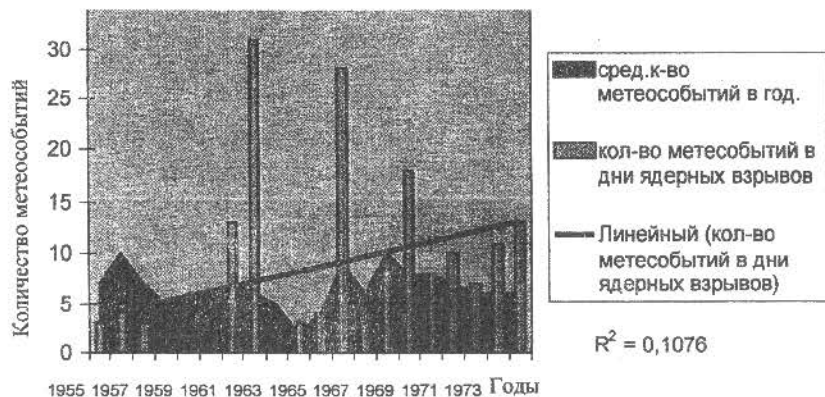


Рис. 3. Грозовая активность в дни ядерных взрывов по годам.

Линия – линейный тренд количества метеособытий в дни ядерных взрывов, R – коэффициент корреляции между средним количеством метеособытий в год и количеством метеособытий в дни ядерных взрывов.

На рис. 3 приведена гистограмма встречаемости гроз по годам, учитывались грозы в дни ядерных взрывов. Согласно данным рисунка выделены грозовые максимумы 1962, 1966, 1969 годов. Отметим: 1962 год характеризуется повышенной работой СИПТ, на котором было проведено 40 испытаний. На 1966 год пришелся испытательный максимум ядерных зарядов (общей энергией в 3,432 Мт) на Лобнорском полигоне. В 1969 году осуществлено воздушное летнее испытание мощностью в 3,4 Мт тротилового эквивалента. Необходимо также учесть, что мегатонные взрывы за счет знакопеременных нагрузок оказывают сильное воздействие на геодинамический режим, особенно в горных системах. Конечно, представленный вид зависимости довольно неопределенный по своей природе и требует дополнительных уточнений.

#### 5. Изучение аварийности на ЛЭП-110 кВ в связи с грозами

Для изучения влияния грозоатмосферных процессов на аварийность ЛЭП Республики Алтай использовалась база данных АО «Горно-Алтайэнерго» (1992–1998 гг.) и разработанная нами СУБД «Гроза». На сегодняшний день к характеристикам гроз относятся такие показатели, как количество дней с грозой, количество гроз, продолжительность гроз и т.д. В проведенных исследованиях использовались: данные по количеству и продолжительности гроз. Практическое значение этой работы заключается в определении районов наибольшего риска повреждений техниче-

ских сооружений. И в первую очередь были рассмотрены аварии на линиях электропередач (ЛЭП) Республики Алтай.

Проведенный анализ полученных результатов показал, что линии электропередач подвергаются разрушительному воздействию гроз неравномерно, но по существу повсеместно. В грозовых районах, как показала статистическая обработка данных, количество аварий по причине попадания молний значительно возрастает (рис. 4).

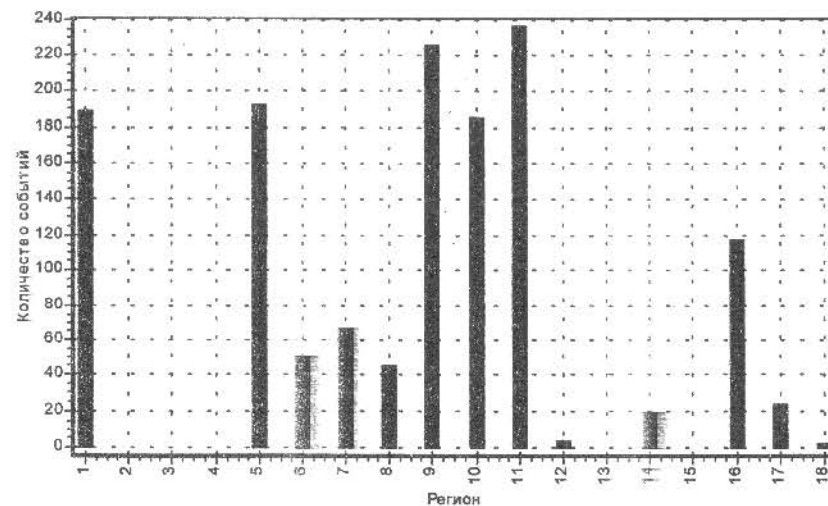


Рис. 4. Количество аварий на ЛЭП в дни проявления гроз по метеостанциям Горного Алтая.

Список номеров метеостанций приводится в таблице.

Список номеров метеостанций

Номер	Метеостанция	Номер	Метеостанция
1	Горно-Алтайск	8	Усть-Кокса
2	Чемал	9	Турочак
3	Уландрык	10	Кызыл-Озек
4	Бертек	11	Шебалино
5	Онгудай	12	Ак-Кем
6	Улаган	13	Катанда
7	Усть-Кан	14	Кош-Агач

В тех районах, где гроз бывает, относительно, немного количество аварий по этой причине резко снижается. Подчеркнем также, что кривая фонового значения грозоактивности в общих чертах повторяет кривую аварий в дни проявления гроз.

Показательным для обнаружения грозоэффективности в работе энергосетей является график зависимости количества аварий от причин повреждений ЛЭП (рис. 5). В АО «Горно-Алтайэнерго» ведутся журналы, в которых производится запись времени аварии, ее причин и другие сведения. В данной постановке задачи нам было интересно выяснить, существует ли какая-то корреляция между количеством повреждений и причиной повреждения. Оказалось, что гроза вызывает повреждение ЛЭП **в среднем в десять раз чаще, чем другие причины.**

Существует и другая сторона исследуемого процесса. Дело в том, что ЛЭП прокладываются для обеспечения населения электроэнергией, следовательно, их протягивают в наиболее густо населенные районы и без учета качества геолого-геофизической среды. В Горном Алтае такими районами являются западные и северо-западные. В этих районах и возникает наибольшая повреждаемость линий электропередач, в основном при грозах. Проведенные исследования позволяют в первом приближении осуществлять прогноз грозоповреждений на ЛЭП в разных районах Горного Алтая, что в свою очередь даст возможность заблаговременно подготовить необходимые мероприятия.

Неожиданным, с точки зрения стандартных представлений, оказался факт резкого повышения аварийности на ЛЭП в 1995 году (рис. 6). При этом следует подчеркнуть что, в 1995 году грозовая активность в Горном Алтае начала снижаться, и поэтому естественно было предположить, что аварийность будет снижаться, т.е. следовать за этим процессом, но оказалось наоборот – снижение грозоактивности и повышение аварийности. Причины этого расхождения предстоит выяснить.

Уже сегодня нужно говорить о необходимости наблюдений и более детального изучения геолого-геофизических особенностей территории и учитывать грозобойность районов при прокладке ЛЭП. К сожалению, отсутствие понимания физики грозоразрядных процессов, о чем открыто говорят основные исследователи грозозащитных систем Базелян и Райзер [4], резко ухудшает успешность прогнозов, опирающихся лишь на феноменологическую

статистику. Возникла острая необходимость в поиске новых физических концепций для физики гроз [14].

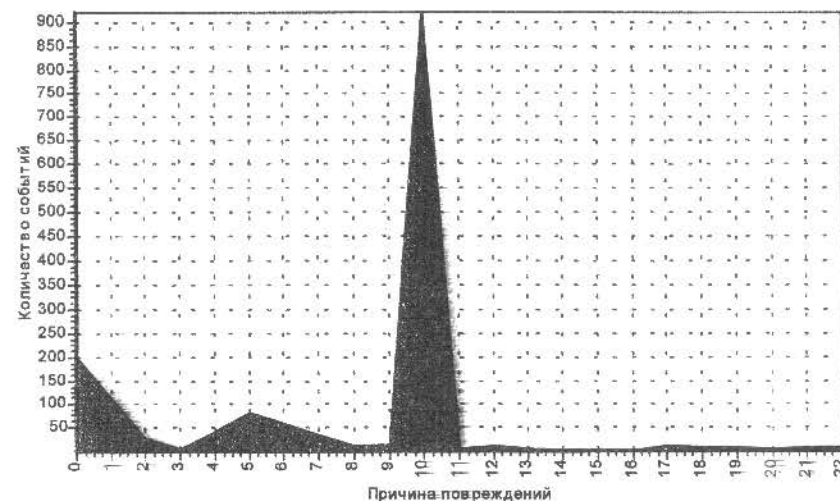


Рис. 5. Количество повреждений на ЛЭП по различным причинам.

1 – обрыв, 2 – наброс мощности, 3 – исчезновение напряжения, 4 – ветер, 5 – устанавливается, 6 – причина Б, 7 – ремонт, 8 – сгорела катушка, 9 – дождь, 10 – гроза, 11 – сорвало опоры, 12 – противовесы, 13 – неизвестна, 14 – расплавление, 15 – повреждение, 16 – короткое замыкание, 17 – отбор мощности, 18 – ВЭС, 19 – наброс тока, 20 – прямой удар, 21 – сигнал, 22 – снег.

Имеет смысл высказать следующее предположение о причине резкого повышения аварийности на ЛЭП в 1995 году, в условиях снижения общего количества гроз. Дело в том, что 1995 год является «переломным» годом в смене Солнечного цикла – заканчивался 22-й (четный) и зарождался 23-й (нечетный). Этому времени смены Солнечных циклов соответствует минимум Солнечной активности. Как мы уже отмечали, Горный Алтай является высокогелиочувствительной территорией в периоды высокой активности Солнца. И атмосферные электрические явления, и грозовая активность, видимо, контролируются геоэффективными солнечными процессами [10, 11].



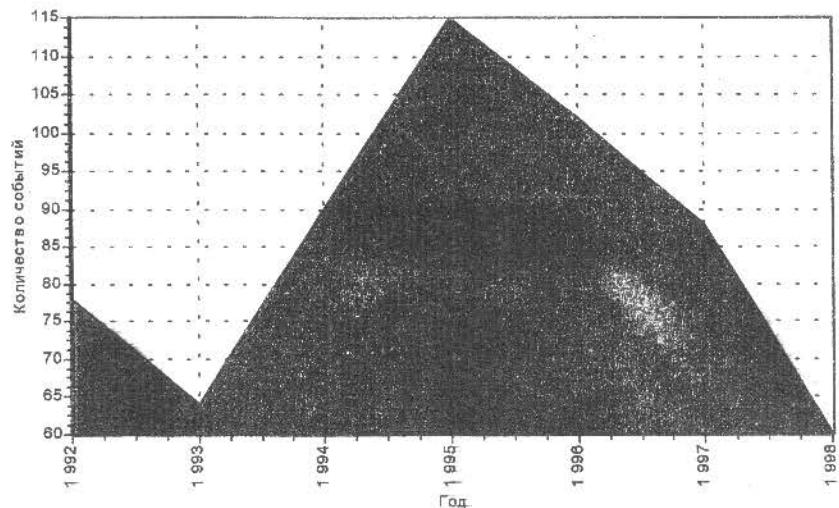


Рис. 6. Распределение аварий на ЛЭП по годам на территории Горного Алтая.

В период же минимальной активности Солнца электроразрядные процессы гроз Горного Алтая, становятся высокочувствительными к локальным электроатмосферным неравновесиям и к техническим электросистемам. В этом случае меняется режим атмосферной «электрочувствительности» и грозовые облака начинают взаимодействовать с ЛЭП и подстанциями. В любом случае этот вопрос требует дальнейшего частного изучения, особенно в связи с ОНЧ-эмиссиями, электронными высыпаниями и с планами широкой электрификации по существу всей Земли [23].

Кроме этого проведенные исследования позволяют предположить дальнейшую модификацию и усиление грозовой активности в ближайшие 4–5 лет, что тоже приведет к увеличению аварийности на линиях электропередач, т.е. к потерям дефицитной в нашем регионе электроэнергии. С другой стороны, с завершением 23-го Солнечного цикла и выходом на годы спокойного Солнца, (минимум активности), может вызвать резкое повышение аварийности на ЛЭП в связи с «переключением» чувствительности гроз на техногенное изменение природной электросреды Горного Алтая. Отметим еще раз, что чаще всего аварии на ЛЭП происходят по причинам природного характера (рис. 5). Основными из них

являются ветер и гроза, они то и составляют до 70 % (по линии АК-415 – 78 %) от общего числа аварий. Здесь уместно отметить, что более 90 % гроз сопровождаются сильными вихревыми порывами ветра.

### Заключение

Исследуя территорию Горного Алтая по количеству гроз, можно установить постоянные во времени грозовые очаги. Их три: Турочак, Онгудай и Шебалино. Следовательно, в геоэкологическом смысле, места их расположения это районы наибольшего риска аварийности ЛЭП. Кроме того, существуют грозовые очаги непостоянные во времени: Чемал, Катанда, Кызыл-Озёк. Эти районы характеризуются значительной аварийностью. Средняя продолжительность гроз по Горному Алтаю ниже в два с лишним раза по сравнению с равнинными территориями [41].

В результате проведенной работы были построены также карты-схемы среднего числа гроз и средней продолжительности гроз по исследуемой территории. Результаты аналитической обработки этих карт могут быть полезными для организации и проведения мероприятий по увеличению безопасности работы ЛЭП. В целом в республике Алтай в последние годы существенно повышается влияние гроз на ЛЭП. Причем, во многих случаях наблюдается прямое, исключительное («целевое») воздействие гроз только на ЛЭП и подстанции, что говорит об изменении физических свойствах модификации гроз в связи со скоростными переменами климата. Отмечается и факт тяготения участков повышенной грозоактивности к местам расположения ЛЭП.

Общие свойства гроз, суммируясь с геолого-геофизической спецификой Горного Алтая, вызывают существенные потери электроэнергии. Максимальные потери идут при транспортировке электричества на дальние расстояния, что и потребует предпроектного исследования мест предполагаемого проведения ЛЭП и размещения подстанций.

Обнаруженные закономерности весьма значительны и подлежат учету при разработке прогнозов техногенной нагрузки территории и выявлению мест и времени повышенного экологического риска для того или иного района Республики Горный Алтай. Это особенно важно для прогноза грозобойных аварий на высоковольтных линиях.

Работы поддержаны программой «Университеты России»  
грант № УР.09.01.056.

## Литература

1. Авакян С. В. Аномальные аэрокосмические явления – геофизический аспект // Геомагнетизм и аэронавигация. 1999. Т. 39, № 1. С. 3–9.
2. Анисимов С. В., Мареев Е. А. Аэроэлектрические структуры в атмосфере // ДАН, 2000. Т. 37, № 1. С. 101–104.
3. Арабаджи А. К. Грозы и грозовые процессы. Минск: Наука, 1960. 368 с.
4. Базелян Э. М., Райзер Ю. П. Физика молнии и молниезащиты. М.: Физматлит, 2001. 320 с.
5. Баласанян С. Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, 1990. 232 с.
6. Барри Д. Шаровая молния и четочная молния. М.: Мир, 1983. 264 с.
7. Бузевич А. В., Дроенини Г. И., Фирсов П. П. и др. Гелиогеофизические эффекты, предвещающие Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1977 г.,  $M = 7,7$  // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1977 года, предвестники, особенности, последствия. Петропавловск-Камчатский, 1998. С. 177–188.
8. Власов М. Н., Кричевский С. В. Экологическая опасность космической деятельности: Аналитический обзор. М.: Наука, 1999. 240 с.
9. Воробьев А. А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. № 2. 1970. С. 124–128.
10. Глобальные изменения природной среды и климата // Избр. тр-ды. Отдельн. вып. М., 1996. 434 с.
11. Головкин В. П., Чернова Т. А. Роль главного магнитного поля Земли в процессах, обуславливающих влияние геофизических явлений на окружающую среду и климат // Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 37, № 6, 1997. С. 113–121.
12. Дегтярев В. И., Надубович Ю. А., Платонов О. И., Шумилова Н. А. О характере корреляции географического распределения полярных сияний и аномального геомагнитного поля // Полярные геомагнитные возмущения и связанные с ними явления. Апатиты, 1989. С. 16–20.
13. Дмитриев А. Н. Природные самосветящиеся образования. Новосибирск: изд-во Ин-та Математики, 1998. 243 с.
14. Дмитриев А. Н., Дятлов В. Л. Некоторые направления исследования свойств природных самосветящихся образований на основе модели неоднородного физического вакуума // Вестник МИКА. Новосибирск. Вып. 5. 1998. С. 20–29.
15. Дмитриев А. Н., Кочеева Н. А., Шитов А. В. Анализ грозовой активности Горного Алтая за 1958–1999 годы. Новосибирск–Горно-Алтайск: «Универ-Принт», 2002. 40 с.
16. Дмитриев А. Н., Шитов А. В. Техногенное воздействие на природные процессы Земли. Проблемы Глобальной экологии. Новосибирск: Издат. Дом «Манускрипт», 2003. 140 с.
17. Дмитриев А. Н., Шитов А. В. О возможных откликах структур Горного Алтая на подземные ядерные взрывы на полигоне оз. Лобнор // Природные ресурсы Горного Алтая. Горно-Алтайск, ГАГУ, РИО «Универ-Принт», 1997. С. 110–120.
18. Дмитриев А. Н., Шитов А. В., Кочеева Н. А. Некоторые особенности экологических исследований Горного Алтая // 300 лет горно-геологической службе России: История горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые. Барнаул: Изд-во АГУ, 2000. С. 408–472.
19. Дружин Г. И., Торопниченко Т. В., Шапаев В. И. Регулярный шумовой фон в ОНЧ-излучении и мировые очаги гроз. Геомагнетизм и аэронавигация. Т. 28, № 1, 1998. С. 81–86.
20. Дубовой Э. И., Михайлов М. С. Энерговыведения и токи в обратных ударах молний // Метеорология и гидрология, 2000, № 3. С. 47–54.
21. Казаков В. В., Солоницына Н. Ф., Чепуренко Л. В., Шингаркин Н. Д. Связь возмущенности геомагнитного поля с гео-гелиофизическими параметрами // Полярные геомагнитные возмущения и связанные с ними явления. Апатиты, 1989. С. 42–46.
22. Клейменова З. П. Об изменении грозовой активности в солнечном цикле // Метеорология и гидрология. 1987, № 8. С. 64–68.
23. Корнилов И. А. ОНЧ-эмиссии и электронные высыпания стимулированные излучением гармоник линий электропередач // Геомагнетизм и аэронавигация, 2000, том. 40, № 3. С. 124–129.
24. Козлов В. И., Муллаяров В. А. Инструментальные наблюдения грозовой деятельности в Якутии в 1993–94 гг. // Метеорология и гидрология. № 2, 1996. С. 105–109.
25. Летников Ф. А. Синергетика среды обитания человека // Земля и Вселенная. № 5, 1998. С. 17–25.
26. Марков М. Н., Мустель Э. Р. Пространственно-временные эффекты солнечно-земных связей в тропосфере и термосфере // Астрон. журнал. 1983. Т. 60, вып. 3. С. 417–421.
27. Марксон Р. Атмосферное электричество и проблемы связи между солнечной активностью и погодой // Солнечно-земные связи, погода и климат. М.: Мир, 1982. С. 242–264.
28. Моргунов В. А. Электрические явления, предшествующие Шикотанскому землетрясению и его афтершокам // ДАН, 1998, Т. 359, № 1. С. 102–105.
29. Моргунов В. А. К природе литосферно-ионосферных связей // Физика Земли, 1988, № 5. С. 80–105.
30. Морозова Л. И. Динамика облачных аномалий над разломами в периоды природной и наведенной сейсмичности // Физика Земли. 1997, № 9. С. 94–96.
31. Муллаяров В. А., Каримов В. М., Мурзаева Н. Н. Связь грозовой деятельности с солнечной активностью по наблюдениям фонового ОНЧ-излучения // Метеорология и гидрология. 1998, № 8. С. 48–56.
32. Открыто новое атмосферное явление // Природа. № 11, 1994. С. 116.
33. Орленок В. В. Физика и динамика внешних геосфер. М.: Недра, 1985. 182 с.
34. Плазмообразование в энергоактивных зонах // Дмитриев А. Н., Похолоков Ю. П., Протасевич Е. Т., Скавинский В. П. Новосибирск: ОИГТМ СО РАН, 1992. 212 с.
35. Плоткин В. В. О проникновении атмосферных электрических полей от Земли к ионосфере. Новосибирск, 1990. (Препр. Ин-та геологии и геофизики СО РАН, № 2). 9 с.
36. Свиркунов П. Н. Диффузионный механизм формирования электрического поля в приземном слое атмосферы // Тр. экп. метеорологии. М.: Гидрометеоздат, 1987. Вып. 44. С. 3–8.
37. Смирнов Б. М. Физика шаровой молнии // УФН, 1990. Т. 160, вып. 4. С. 1–45.
38. Солнечно-земные связи, погода и климат/ Под ред. Б. Мак Кромака и Т. Селиги. М.: Мир, 1982, 382 с.

39. Сорокин В. М., Яценко А. К. Возмущение квазистационарного электрического поля в атмосфере над сейсмоактивными районами // Химическая физика. 2000. Т. 19, № 6. С. 71–80.
40. Сытинский А. Д., Оборин Д. А. Воздействие возмущенной планетной среды на сейсмичность и атмосферу Земли // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 37, № 2, 1997. С. 138–141.
41. Тарасов Л. В. Физика в природе. М.: Просвещение, 1988. 351 с.
42. Торошелидзе Т. И. О возмущениях в верхней атмосфере Земли, предшествующих землетрясениям. Сообщ. АН Грузинской ССР, № 126, № 1, 1987. С. 77–80.
43. Фаткулин М. И. Физика ионосферы. Итоги науки и техники. Геомагнетизм и высокие слои атмосферы. М.: ВИНТИ. 1982. Т. 6. 224 с.
44. Физика Земли. Новый взгляд на некоторые проблемы // В. В. Кузнецов, Н. Н. Семаков, В. Н. Доровский, П. Е. Котляр. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
45. Шитов А. В. Природные самосветящиеся образования как экогеологический фактор на территории Горного Алтая. Автореферат дисс. канд. геол.-мин. наук. Томск, 1999. 22 с.
46. Ядерные испытания СССР. М.: ИЗДАТ, 1997. 304 с.
47. III Международный симпозиум по шаровой молнии УФЧ. Т. 163, № 5. С. 124–125.
48. Kerr R. A. Magnetic «jerk» gaining wider acceptance // Science. 1984. Vol. 225, № 4667. P. 1135–1136.
49. Newitt L. R., Manda M., McKee L. A. and Orgeval J. J. Recent acceleration of the North Magnetic Pole Linked to magnetic jerk EOS, Transactions AGU. 2002. V. 83. Pp. 385–389.
50. Rycroft M. J., Smith A. J., Jones D. Et set. Global geospace study «Nature», 1984, 310, № 5977, P. 499.
51. Sozou C. Electrical discharges and intense vortices. Proc. R. Soc. Lond. A. 392, p. 415–426 (1984). Printed in Great Britain.
52. Frank L. A. et al. The Theta Aurora // J. Geophys. Res. 1986. Vol. 92. A. 3. P. 3177–4224.
53. Winckler J. R., Lyons W. A., Nelson T. E., Nemzek R. J. New High-resolution ground-based of sprites // J. Geophys. Res. D. 1996. 101, № 3. P. 6997–7004.

## Оглавление

Предисловие (В. Т. Трофимов, В. В. Куриленко) .....	3
Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Общие закономерности формирования экологических функций литосферы и их трансформации в эпоху техногенеза .....	5
Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Основные положения теории и методологии создания эколого-геологических карт .....	35
Куриленко В. В., Былина Т. С., Зайцева О. В., Новиков А. М., Осмоловская Н. Г. Экогеологическая оценка состояния водных экосистем г. Санкт-Петербурга с использованием методов бисиндикации и биотестирования .....	62
Куриленко В. В. Роль экологической геологии в науках о Земле и ее место в структуре экологического знания .....	101
Максимович Н. Г., Казакевич С. В. Эволюция литосферы и формирование современной экологической обстановки (на примере Западного Зауралья) .....	122
Шварц А. А. Модель геоинформационной системы по экологической гидрогеологии Санкт-Петербургского региона .....	164
Косинова И. И., Бударина В. А., Самбулов Н. И. Методические и правовые особенности мониторинга эколого-геологических систем горнодобывающего класса .....	173
Абалаков А. Д., Манилов В. О., Новикова Л. С. Эколого-геологические основы организации научно-учебного полигона на территории Забайкальского национального парка .....	187
Усенков С. М. Роль устойчивого проявления процессов техногенного седиментогенеза в формировании экологических условий Ладожского озера .....	213
Дмитриев А. Н., Шитов А. В. Экогеологические характеристики грозовой активности Горного Алтая .....	231