

4. Vdovin S. M. Geographical portal as a model for a national landscape, Vdovin S. M., Amelkin S. A., Yamashkin A. A., Zarubin O. A. // Bulletin of Ryazan state University. S. A. Eсенина, Publisher: Ryazan state University named for S. A. Yesenin (Ryazan, Russia), P. 146-154
5. Erunova M. G. Geographical and land-information systems. Part 2. Mapping tools-mi instrumental GIS MapInfo: Method. instructions / M. G. Yeru-Nova, A. A. Gosteva; Krasnoyar. GOS. Agrar. Univ. of Illinois – Krasnoyarsk, 2004. - 84 p.
6. The scribes, Yu. f. Aerospace methods of geographical research / Y. F. Knizhnikov, Kravtsova V. I., Tutubalina O. V. – М.: Academy, 2004. - 336 p.
7. Regional protected areas [Electronic resource]. – Mode of access: <http://nat.astrobl.ru/stranica-sayta/regionalnye-oopt>. (Date accessed: 20.02.2018)]
8. Tsvetkov V. Y. Fundamentals MapInfo. Part 1. The initial phase of work. Moscow, 1998. 55 p.
9. Chigina T. S. prospects of application of aerospace methods for monitoring of landscapes in Astrakhan region / Chigina T. S., Sharova I. S., Bezuglova M. S. // Geology, geography and global energy. 2015. No. 3 (58). С. 49-53.
10. Chuikov Yu. S. on specially protected natural areas of the Astrakhan region. // Astrakhan Herald of ecological education. No. 3(25), 2013. – P. 88-95.
11. Sharova I. S. Application of geoinformation systems in Geocology / Sharova I. S., G. V. Kryzhanovskaya, A. E. Kolchin, M. M. Iolin // tutorial, Astrakhan, 2017.
12. Physical-geographical and geocological features of the hydrographic network of the Lower Volga region and the development of water tourism / Sharova I. S., Bezuglova M. S., Kryzhanovskaya G. V. // Geology, geography and global energy. 2016. No. 63 (4). - P. 73-82.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

Каранина Светлана Юрьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Горно-Алтайский государственный университет, 649000, Российская Федерация, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1, e-mail: krechetovas@yandex.ru

Кочеева Нина Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Горно-Алтайский государственный университет, 649000, Российская Федерация, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1, e-mail: nina_kocheewa@mail.ru

Каранин Андрей Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Горно-Алтайский государственный университет, 649000, Российская Федерация, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, ул. Ленкина, 1, e-mail: vedmedk@bk.ru

Республика Алтай располагается в пределах одноимённой горной страны, которая является наиболее высокой частью Западной Сибири. Изучение гроз, происходящих в горных странах, представляет сложную задачу. Традиционные методики наблюдения, которыми пользуются метеорологические службы, показали свою эффективность, но не дают полного представления об этом природном явлении. Сопоставление массивов данных, содержащих сведения о грозах, показали высокий уровень корреляции, что дает основание для использования в горной стране данных инструментальных наблюдений. Результаты, полученные при использовании данных WWLLN, подтвердили и обосновали более ранние результаты, которые были не лишены гипотетичности. Связь грозовой активности с особенностями геологического строения изучалась на примере аномалий магнитного поля. Впервые удалось обосновать связь проявления атмосфериков с особенностями магнитного поля в границах Республики Алтай.

Ключевые слова: атмосферерики, горная страна, Алтай, гроза, атмосферное электричество, регистрация атмосфериков, распределение атмосфериков

**MAPPING OF GEOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL
CHARACTERISTICS AND THUNDERSTORM ACTIVITY
IN THE REPUBLIC OF ALTAI**

Karanina Svetlana Yu., C.Sc. in Fisics and Mathematics, Associate Professor, Gorno-Altai State University (GASU), 1 Lenkin st., Gorno-Altai, Altai Republic, 649000, Russian Federation, e-mail: krechetovas@yandex.ru

Kocheeva Nina A., C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Gorno-Altai State University (GASU), 1 Lenkin st., Gorno-Altai, Altai Republic, 649000, Russian Federation, e-mail: nina_kocheeva@mail.ru

Karanin Andrey V., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Gorno-Altai State University (GASU), 1 Lenkin st., Gorno-Altai, Altai Republic, 649000, Russian Federation, e-mail: vedmedk@bk.ru

The Republic of Altai is situated within the homonymous mountainous country, which is the highest part of the Western Siberia. The study of thunderstorms occurring in mountainous countries, is a challenge. Traditional methods of monitoring used by the meteorological service has shown its effectiveness, but does not give a complete picture about this natural phenomenon. The mapping of data arrays containing information about the storm, showed a high level of correlation, which gives grounds for use in mountainous country data of instrumental observations. The results obtained using the WWLLN data have confirmed and substantiated the earlier results, which were not devoid of produce hypotheses. The relationship of thunderstorm activity with geological structure was studied on the example of the anomalies of the magnetic field. For the first time managed to prove the relationship of the manifestations of atmospherical with the peculiarities of the magnetic field in borders of the Altai Republic.

Keywords: atmosferici, mountainous country, Altai, thunderstorm, atmospherical electricity, check atmosferico, the distribution of atmospherical in time

Введение. Первые сведения о грозе появились еще в трудах древних исследователей. На протяжении длительного времени методы изучения этого явления менялись незначительно. В середине прошлого века появляются технические средства для изучения пространственного и временного распределения гроз. Введение данных космических наблюдений расширило наши представления об этом явлении, но не принесло ясности о природе возникновения и разнообразия проявления этого природного явления. Поэтому исследования гроз продолжают в различных направлениях. Усложнение технических средств требует защиты от воздействия гроз, колоссальная энергия гроз пробуждает интерес её использования, познавательский интерес обуславливает исследование различных аспектов их проявления.

«Гроза – сложное атмосферное явление, необходимой частью которого являются многократные электрические разряды между облаками или между облаками и землей (молнии), сопровождающиеся звуковым явлением – громом... В умеренных широтах дней с грозой 10–15 в год...» [7, с. 108].

Типичное развитие кучево-дождевых облаков и выпадение из них осадков связано с мощными проявлениями атмосферного электричества, а именно с многократными электрическими разрядами в облаках или между облаками и Землей. Такие разряды искрового характера называют молниями, а сопровождающие их звуки – громом. Весь процесс, часто сопровождаемый еще и кратковременными усилениями ветра – шквалами, называется грозой [8, с. 302].

Авторы ставили перед собой цель выявления пространственных и временных особенностей проявления гроз в Республике Алтай (РА).

Республика Алтай располагается в наиболее приподнятой части Алтае-Саянской горной области. Абсолютные высоты увеличиваются в направлении с севера на юг и достигают 4500 м над уровнем моря – г. Белуха. Рельеф территории связан с геологическим строением и его историей. Участки наибольшего новейшего поднятия представляют собой высокогорные хребты, осевые части которых имеют современные ледники. В интервале высот от 1000 м до 2000 м развит среднегорный рельеф [1 С.15], где преобладают крутые дефлюкционные склоны и узкие V-образные долины. Среди них выделяются долины рек Чуя и Катунь.

Материалы и методы. В настоящее время организована и действует Мировая сеть локализации молний (World Wide Lightning Location Network, WWLLN). Сеть включает 25 приемных пунктов регистрации атмосфериков [9]. Она постоянно расширяется [11, 13-14] и в 2015 году добавился пункт в г. Горно-Алтайск. Данные WWLLN характеризуются большим пространственным охватом регистрации молниевых разрядов [9, 11, 14], по сравнению с данными гидрометеорологической сети. Соответственно расширяется и спектр практического использования данных этой сети [12]. Это имеет большое значение, т.к. горный характер территории, в пределах которой точечные наблюдательные пункты не дают уверенности в максимальном учете дискретного природного явления. Для таких территорий работа сети WWLLN имеет наибольшую ценность, т.к. позволяет учитывать почти все грозы, проявляющиеся на данной территории. По данным [13, с. 9] сеть позволяет регистрировать до 80 % разрядов.

Дополнительно использовался массив данных сайта www.rp5 [10]. По данным [11, с.10] несмотря на растущую точность работы сети WWLLN целесообразно проверять соотношение с другими источниками информации о грозах, что уже производилось в предыдущих работах [5, с.111].

Для анализа использовались традиционные географические методы: описательный, аналитический, синтетический. Картографический метод, который также является традиционным в географических исследованиях, использовался на базе геоинформационных систем. Использовался также графический метод, с помощью которого была иллюстрирована данная работа (рис. 1–5).

Результаты проведенного исследования. В границах территории исследования грозовой процесс подчиняется общим закономерностям умеренных широт – нарастание числа гроз от апреля к середине лета с максимумом в июле [2, с. 27; 3, с. 12]. Частота проявления гроз меняется в широких пределах, а общее уменьшение максимального числа дней с грозой происходит в направлении с севера на юг [4, с. 231]. Зафиксировано снижение различий между месяцами в максимальном числе дней с грозой.

Выполненный анализ временных рядов показал, что только в западных и северо-западных территориях Республики Алтай распределение данных числа дней с грозой соответствует нормальному закону распределения. В остальных частях республики распределение числа дней с грозой не соответствует нормальному распределению. Причина такого площадного характера проявления гроз, по мнению авторов, может быть в том, что именно северные и северо-западные районы подвержены в наибольшей степени влиянию воздушных масс, перемещающихся согласно главному направлению переноса – северо-западному.

Несоответствие распределения числа дней с грозой нормальному распределению на остальной территории Республик Алтай свидетельствует о том, что в распределении этого показателя грозовой активности существует несколько её всплесков в течение грозового сезона. Указанная ранее связь грозовой активности с физико-географическими условиями территории [3, с. 13; 6, с. 14,] проявляется в том, что они вносят свой вклад в процесс формирования гроз, способствуя их росту вне связи с прохождением воздушных фронтов.

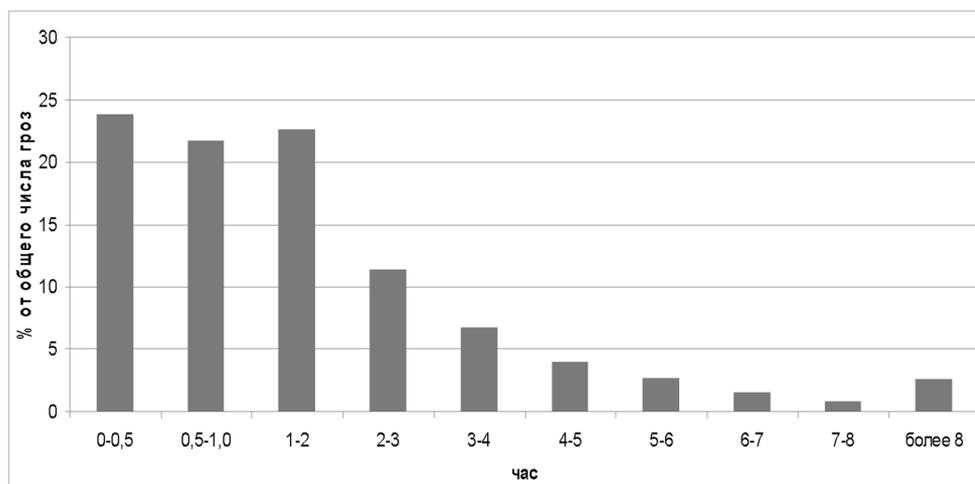


Рис. 1. Распределение продолжительности гроз, зарегистрированных сетью ГМС территории Республики Алтай

Проведенный статистический анализ выявил закономерности, которые являются важными с точки зрения экологического влияния атмосферного электричества, а также с точки зрения прогнозирования этого опасного природного явления. Оно состоит в том, что изменение грозовой активности носит синусоидальный характер с периодами разной продолжительности. Наиболее четко выделяется период длительностью в один год. Это позволяет прогнозировать с 95 % достоверностью, рост или снижение числа дней с грозой, зная их число в течение хотя бы последних пяти лет. Периоды большей длительности были установлены более ранними исследованиями авторов для территории Республики Алтай. Анализ, проведенный на большом массиве данных позволил убедительно доказать периодизацию в 10-11 лет и обосновать 5-летнюю периодизацию. Сказанное относится к суммарной грозовой активности территории РА.

Значительная дифференциация ландшафтных условий вносит существенные коррективы в характер временного хода грозовой активности по продолжительности гроз и по числу дней с грозой в различных территориях РА.

Обращает на себя внимание сложный характер распределения другого показателя грозовой активности - продолжительность гроз. В настоящее время не выявлено территорий, где продолжительность гроз подчиняется нормальному закону распределения. По мнению авторов это также доказывает сложный характер влияния местных условий на грозовой процесс.

Продолжительность 68% гроз, зарегистрированных в период с 1955 по 2011 гг. сетью гидрометеостанций, не превышает 2 часов (рис. 1).

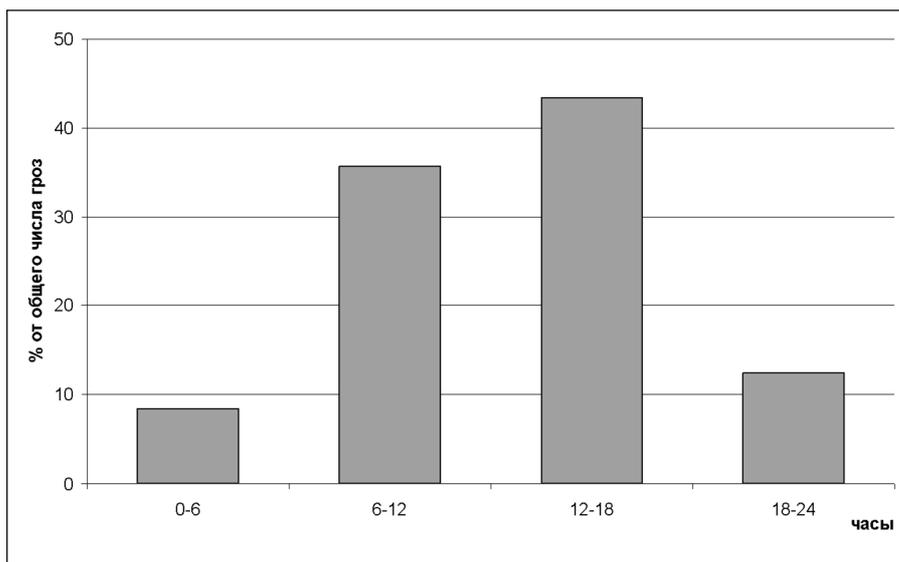


Рис. 2. Распределение частоты встречаемости гроз в течение суток (время местное)

Многолетние данные свидетельствуют о преобладании дневных гроз (рис. 2). Однако вторая половина дня характеризуется большим числом гроз, чем утренние часы (рис. 2).

Разряды молний создают радиоволны, которые излучают электрические сигналы называемые атмосфериками. Вблизи земной поверхности происходит около 100 разрядов молний в 1 секунду. Поэтому в любой точке земного шара можно практически непрерывно регистрировать атмосферерики.

Исследования атмосфериков дают сведения о механизме распространения сверхдлинных волн, а также о свойствах самых нижних и очень высоких областей ионосферы, в которых распространяются атмосферерики.

Работа Мировой сети локализации молний (World Wide Lightning Location Network, WWLLN) основана на регистрации атмосфериков [9, 15].

На первом этапе использования данных сети WWLLN была проведена верификация регистрации гроз сетью WWLLN с помощью данных сети метеостанций. Прделанная работа показала, что 100 % наблюдаемых по сети гидрометеостанций дней с грозой фиксируется WWLLN. Стоит отметить большее число дней с грозой, которые регистрируются WWLLN, в то время, как наблюдатели на гидрометеостанции не отмечали в это время грозу. На базе данных этой сети авторами были построены карты плотности атмосфериков для территории исследования. В работе приведена такая карта для одного из грозовых сезонов (рис. 3). Она хорошо иллюстрирует общие особенности пространственного распределения их плотности. Отчетливо выделяются области пониженной плотности, которые приурочены к наиболее высокой части Центрально-Алтайской географической провинции и Юго-Восточной физико-географической провинции. Для северной части Республики Алтай – Северо-Алтайской физико-географической провинции характерна наибольшая плотность. Обращает на себя внимание субширотное расположение участков высокой плотности и субмеридиональное направление зон пониженной плотности. Орография играет важную роль в динамике атмосферной циркуляции, следовательно, и в распределении плотности атмосфериков. В условиях горной страны поиск закономерностей в распределении этого при-

родного явления осложняется не только действием орографического фактора, но и многих других географических особенностей территории. В совокупности с пространственной разобщенностью ГМС это давало дискретную картину пространственного распределения гроз. Использование данных WWLLN позволяет перейти к отражению проявления грозового электричества непрерывного характера на всей территории горной страны. Один из наиболее интересных регионов – низкогорная зона Республики Алтай, которая граничит с равнинами Западной Сибири. Главный орографический элемент этой пограничной зоны – «фас Алтая» представляет собой узкую зону холмисто-увалистого рельефа с резким ростом высоты в южном направлении. В непосредственной близости от этой зоны располагается несколько ГМС. Предыдущими исследованиями установлены грозовые очаги, приуроченные к некоторым из этих станций, например, ГМС «Горно-Алтайск».

Однако экстраполировать данные станций гидрометеорологической сети на расстояния, которые недоступны для наблюдения с этих станций, представляется некорректным. Анализ данных WWLLN подтверждает наибольшую представительность названной станции. Кроме этого для сезона 2013, 2014 годов отчетливо выделяется субширотная полоса, пространственно приуроченная к фасу Алтай, где плотность грозовых разрядов выше, чем на смежных территориях Республик Алтай (рис. 3).

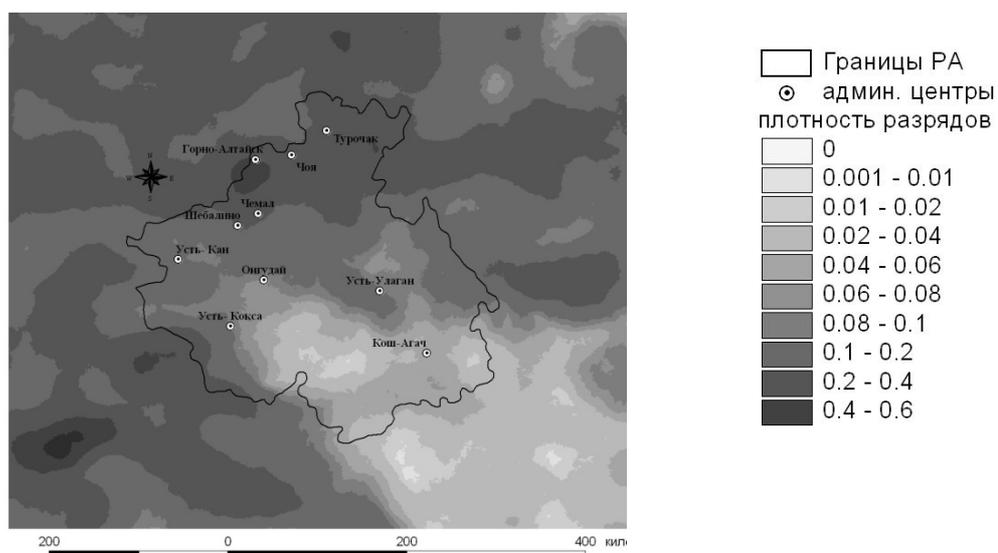
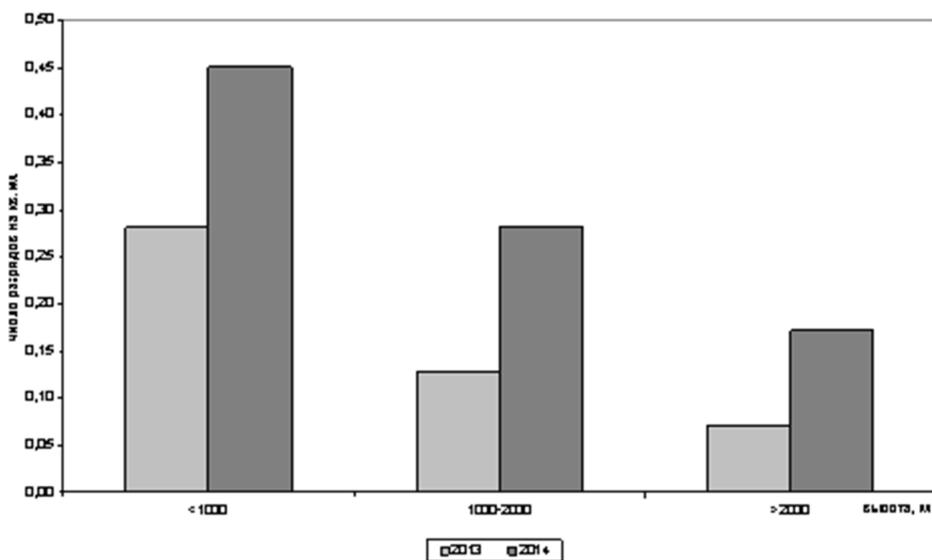
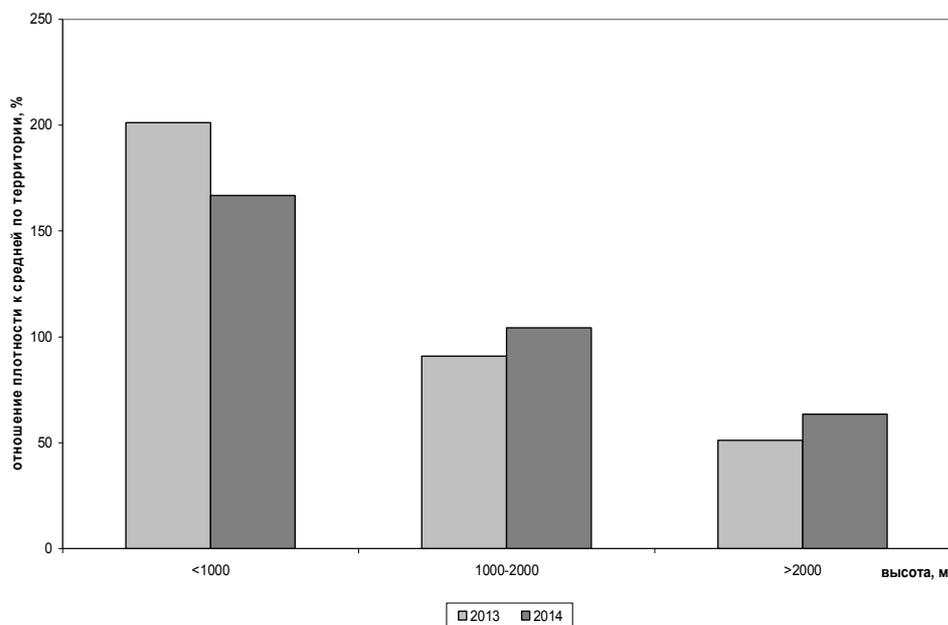


Рис. 3. Распределение плотности молниевых разрядов по территории Республики Алтай и сопредельных территорий в 2013 году

В пределах этой полосы располагается гидрометеостанция Турочак (рис. 3). В ходе анализа многолетних данных сети ГМС эта станция характеризуется различной интенсивностью, но всегда выделялась авторами в качестве грозового очага. Для периода 2013-2015 гг. был проведен анализ пространственного распределения плотности атмосфериков, регистрируемых WWLLN, по месяцам и сезонам. Проведенный анализ показал, что не только в районе этих станций их плотность выше, но и в целом в пределах Северо-Восточной Алтайской физико-географической провинции, плотность разрядов выше, чем на остальной территории в течение всего грозового сезона.



а) Плотность атмосфериков над территориями с различной гипсометрической высотой



б) Отношение плотности атмосфериков над территориями с разной высотой к средней по всей республике

Рис. 4. Плотность атмосфериков над территориями с различной гипсометрической высотой за 2013-2014 год в Республике Алтай

Наиболее очевидной является зависимость количества гроз от высоты территории над уровнем моря, что проявилось в снижении количества гроз, а также количества дней с грозой в направлении с севера на юг [7, с. 53]. Использование данных WWLLN впервые даёт возможность проверить это предположение на большом массиве численных данных.

На этом этапе были рассмотрены три высотных зоны: до 1000 метров над уровнем моря, от 1000 до 2000 метров и выше 2000 м. В общих чертах они отвечают основным орографическим единицам: низкогорье, среднегорье и высокогорье. Согласно расчетам их площадь составляет (соответственно) - 16836 м², 43398 м², 32774 м², т.е. наибольшую площадь занимает среднегорная область. В 2013-2015 годах максимальная плотность атмосфериков зафиксирована в низкогорье, а снижение её происходит с ростом высоты местности над уровнем моря. На рисунке 3 приведены данные по 2013 и 2014 годам (рис. 4).

Неоднократно отмечалось различие от года к году в количестве гроз и дней с грозами в Республике Алтай. Причин такого различия много, ведущими среди них считаются: характер атмосферной циркуляции и географические особенности территории. Ожидается в двух грозовых сезонах (2013 и 2014 гг.) число атмосфериков было различным. В 2013 году их число на всей территории РА было меньше по сравнению с 2014 годом почти в два раза. Эти факты отмечены для каждой из высотных зон, а также для всей исследованной территории в целом (рис. 4, а).

Для выявления особенностей распределения плотности атмосфериков было рассмотрено отношение плотности молниевых разрядов над территориями с разной высотой к средней плотности по всей республике (рис. 4, б).

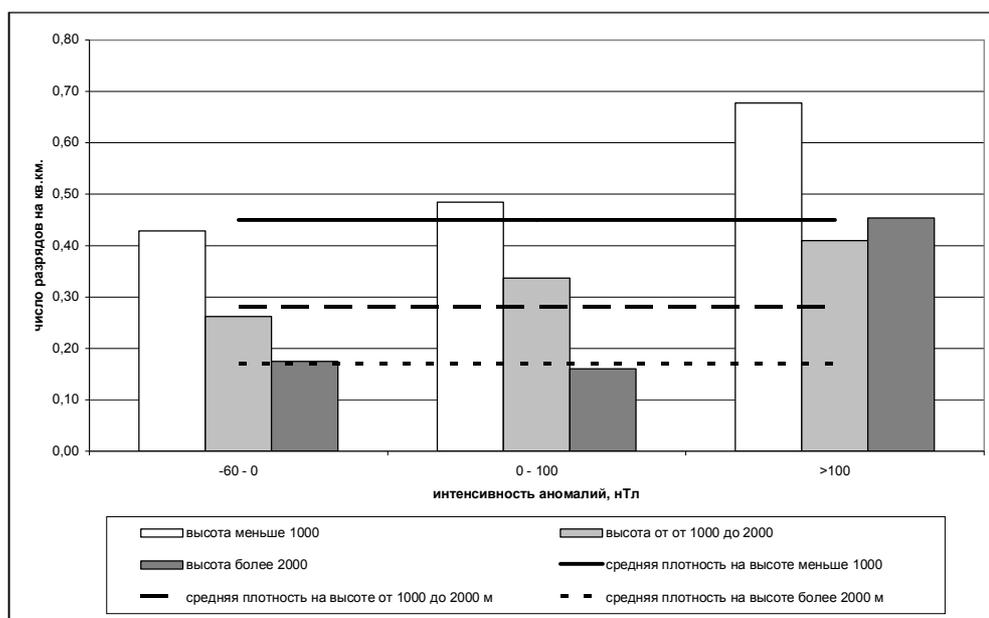


Рис. 5. Плотность атмосфериков, пространственно приуроченных к геомагнитным аномалиям различной интенсивности в 2013 г.

В двух высотных зонах из трёх проявляется та же тенденция, что и в поведении плотности в них. В низкогорье в 2013 году отношение плотности в этой высотной зоне к средней плотности по РА выше, чем в 2014 году. Это означает, что в этом году меньшее число разрядов пришлось на эту высотную зону. Обращает на себя внимание то, что разница между годами для низкогорья составляет 34 %, в то время, как в среднегорье и высокогорье эта величина составляет 13 и 12 % соответственно. Это, видимо, связано с большей ста-

бильностью в проявлении атмосферного электричества в наиболее высоких областях горной страны.

Использование данных WWLLN позволили рассмотреть пространственное распределение гроз в связи с некоторыми физико-географическими особенностями территории исследования. Авторы установили приуроченность атмосфериков к геомагнитным аномалиям (рис. 5).

Есть основание полагать, что имеется тесная связь проявления гроз с особенностями геофизических условий на территории исследования. Однако распределение плотности атмосфериков над геомагнитными аномалиями в разных высотных поясах имеет существенные различия. В частности отрицательные аномалии показывают минимальные плотности атмосфериков над ними в сравнении со средними значениями их плотности в этих высотных поясах. В низкогорном поясе роль положительных геомагнитных аномалий весьма высока - чем интенсивнее геомагнитная аномалия, тем ярче проявляется приуроченность атмосфериков к ней. С высотой значение геомагнитных аномалий возрастает при локализации гроз над ними. На высотах более 2000 м установлено максимальное превышение плотности атмосфериков над положительными аномалиями по сравнению со средними значениями на этой высоте.

Выводы. Результаты сопоставления различных массивов данных позволяют утверждать, что данные сети WWLLN вполне корректно использовать для изучения пространственно-временных особенностей грозовой активности горных стран.

Особенностью проявления гроз на территории Республики Алтай представляется формирование грозовых очагов, которые характеризуются различной интенсивностью во времени. Грозовые очаги, о которых шла речь в более ранних исследованиях в отдельных случаях трансформируются в грозовые пояса. Их конфигурация подчиняется орографическому рисунку территории, в изменение которого вносит вклад геологическое строение и геофизические особенности территории.

Инструментальные данные подтверждают уже высказанные ранее предположения, убедительно обосновывают их на большом фактическом материале. Тесная связь плотности грозовых разрядов с физико-географическими характеристиками территории иллюстрирована на примере геомагнитных аномалий.

Выявленные закономерности представляются важными, в частности, для охраны лесов от пожаров по причине ударов молний в деревья. Геофизические особенности территории Республики Алтай неплохо изучены, что может быть основой для прогноза лесных пожаров на её лесопокрытой территории.

Продолжение исследования, накопление инструментальных данных позволит вывести обоснование региональных особенностей проявления атмосферного электричества на новый уровень.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-47-040081 p_a, 16-45-040266 p-a; 15-05-02200.

Список литературы

1. Атлас Алтайского края. – Москва; Барнаул: Изд-во ГУГК, Председатель редакционной коллегии Процюк И.С. 1978. - Т.1. - 222 с.
2. Дмитриев А.Н., Кречетова С.Ю., Кочеева Н.А. Особенности проявления гроз на территории Республики Алтай. LAP Lambert Academic publishin GmbH&Co KG Heinrich-Böking-Str.6-8, 66121Saarbrücken, Germany. 2011. 254 p.

3. Кочеева Н.А. Влияние природно-техногенных систем на грозоактивность Горного Алтая: автореферат диссертации на звание к. г.-м. н. Горно-Алтайск.: Горно-Алтайский госуниверситет, 2002. - 23 с.
4. Кочеева Н.А., Кречетова С.Ю. Распределение гроз в сутках на территории Республики Алтай / Сборник трудов VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству. Изд-во ГГО. СПб. 24-28 сент.2012 г. С.147-148
5. Кочеева Н.А., Кречетова С.Ю., Кудрявцев Н.Г., Беликова М.Ю., Гейман Т.Н., Гефнидер А.В. Изучение опасных явлений (на примере гроз) на территории Республики Алтай с использованием инструментальных данных // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. - 2013. - № 34. - С. 109-112.
6. Кречетова С.Ю. Разработка алгоритм-програмного комплекса для решения задач грозовой пожароопасности лесов Республики Алтай. Автореф. на соискание науч. зв. к. ф.-м. н. Барнаул. 2007. 20 с.
7. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат. 1955. С. 108
8. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. С.302
9. Word Wide Lightning Location Network / URL: wwlln.net
10. [www. rp.5](http://www.rp.5)
11. Abarca, S. F., K. L. Corbosiero, and T. J. Galarneau (2010), An evaluation of the Worldwide Lightning Location Network (WWLLN) using the National Lightning Detection Network (NLDN) as ground truth, *J. Geophys. Res.*, 115, D18206, doi: 10.1029/2009JD013411. - <http://webflash.ess.washington.edu/publications/sergio.JGR2010.2009JD013411.pdf>
12. Baranovskiy N.V., Yankovich E.P., Krechetova S.Y., Belikova M.Y., Kocheeva N.A. Joint processing of rs and wwlln data for forest fire danger estimation: new concept / В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 21. Сер. "Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XXI" 2016. С. 1000113.
13. Hutchins, M. L., R. H. Holzworth, J. B. Brundell and C. J. Rodger, Relative detection efficiency of the World Wide Lightning Location Network / *Radio science*, vol. 47, RS6005, doi:10.1029/2012RS005049, 2012 <http://wwlln.net/publications/>
14. Jacobson, A. R., R. Holzworth, J. Harlin, R. Dowden, and E. Lay, 2006: Performance assessment of the World Wide Lightning Location Network (WWLLN), using the Los Alamos Sferic Array (LASA) as ground truth. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 23, 1082–1092, DOI: <https://doi.org/10.1175/JTECH1902.1>.
15. Rodger, C. J., S. W. Werner, J. B. Brundell, N. R. Thomson, E. H. Lay, R. H. Holzworth, and R. L. Dowden (2006), Detection efficiency of the VLF World-Wide Lightning Location Network (WWLLN): Initial case study, *Ann. Geophys.*, 24, 3197 – 3214. – URL: <http://wwlln.net/publications/>

References

1. Atlas of the Altai region. – Moskva; Barnaul: Publishing house, gugg maps, maps, the Chair of the editorial Board Protsyuk I. S. 1978. - Vol. 1. - 222 p.
2. Dmitriev A. N., Krechetova, S. Y., Kocheeva N.. Specifics of thunderstorms on the territory of the Altai Republic. LAP Lambert Academic publishin GmbH&Co KG Heinrich-Böking-Str.6-8, 66121Saarbrücken, Germany. 2011. 254 p.
3. Kocheeva N. The influence of natural-technogenic systems on protoctist of Mountain Altai: the dissertation for the title of K. g mathematical Sciences Gorno-Altaiisk.: Gorno-Altai state University, 2002. 23 p.
4. Kocheeva N. A. Krechetova, S. Y. Distribution of thunderstorms in days in the territory of the Altai Republic / Collection of works of VII all-Russian conference on atmospheric electricity. Publishing house of the GGO. SPb. 24-28 Sept.2012, p. 147-148
5. Kocheeva N. A. Krechetova, S. Yu., Kudryavtsev N. G., Belikov, Y. M., Geiman, T. N., Gender A. V. Study of dangerous phenomena (for example thunder) on the territory of the Altai Republic using instrumental data // news of Altai branch of the Russian geographical society. - 2013. - No. 34. - P. 109-112.
6. Krechetova, S. Y. Development of the algorithm software for solving problems of storm of fire to forests of the Altai Republic. Abstract. on competition]. this. candidate of physical and mathematical Sciences Barnaul. 2007. 20 c.
7. Khromov S. P., Mamontova L. I. Meteorological dictionary. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1955. P. 108

8. Khromov S. P., Petrosyants M. A. meteorology and climatology: a Textbook – 5 th ed., Rev. and extra – М.: Izd-vo MGU, 2001. S. 302
9. Word Wide Lightning Location Network / URL: wwlln.net
10. www.rp.5
11. Abarca, S. F., K. L. Corbosiero, and T. J. Galarneau (2010), An evaluation of the Worldwide Lightning Location Network (WWLLN) using the National Lightning Detection Network (NLDN) as ground truth, *J. Geophys. Res.*, 115, D18206, doi: 10.1029/2009JD013411. – Режим доступа: <http://webflash.ess.washington.edu/publications/sergio.JGR2010.2009JD013411.pdf>
12. Baranovskiy N.V., Yankovich E.P., Krechetova S.Y., Belikova M.Y., Kocheeva N.A. Joint processing of rs and wwlln data for forest fire danger estimation: new concept / В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 21. Сер. "Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XXI" 2016. С. 1000113.
13. Hutchins, M. L., R. H. Holzworth, J. B. Brundell and C. J. Rodger, Relative detection efficiency of the World Wide Lightning Location Network / *Radio science*, vol. 47, RS6005, doi:10.1029/2012RS005049, 2012 <http://wwlln.net/publications/>
14. Jacobson, A. R., R. Holzworth, J. Harlin, R. Dowden, and E. Lay, 2006: Performance assessment of the World Wide Lightning Location Network (WWLLN), using the Los Alamos Sferic Array (LASA) as ground truth. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 23, 1082–1092, DOI: <https://doi.org/10.1175/JTECH1902.1>.
15. Rodger, C. J., S. W. Werner, J. B. Brundell, N. R. Thomson, E. H. Lay, R. H. Holzworth, and R. L. Dowden (2006), Detection efficiency of the VLF World-Wide Lightning Location Network (WWLLN): Initial case study, *Ann. Geophys.*, 24, 3197 – 3214. – URL: <http://wwlln.net/publications/>