

УДК 550.21:550.83(571.642)

Научная статья

## **Проблемы оперативного прогноза сейсмических событий. Предлагаемые пути решения**

***В. А. Паровышный, Л. М. Богомолов, Ю. В. Сохатюк, Д. В. Паровышный***

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693022,  
г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б  
E-mail: valimgg@yandex.ru

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований, направленных на изучение характера временных изменений естественных геофизических полей (ЕГП) над залежью газа, расположенной в зоне влияния активного регионального разлома, а также выявление связи этих изменений с сейсмичностью. В результате эксперимента установлено, что процесс подготовки сейсмических событий сопровождается резким нарушением стабильности ЕГП над продуктивными блоками залежи.

*Ключевые слова: естественное электрическое поле, геомагнитное поле, термальное поле, гравитационное поле, прогноз*

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-120-132

Поступила в редакцию: 03.03.2021

В окончательном варианте: 27.04.2021

**Для цитирования.** Паровышный В. А., Богомолов Л. М., Сохатюк Ю. В., Паровышный Д. В. Проблемы оперативного прогноза сейсмических событий. Предлагаемые пути решения // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2021. Т. 35. № 2. С. 120-132. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-120-132

*Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)*

© Паровышный В. А. и др., 2021

### **Введение**

Исследования по изучению связи временных изменений естественных геофизических полей (ЕГП) с сейсмическими событиями над залежью газа выполняются в Институте Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН с 2003 года. Основная задача исследований – разработка методики оперативного прогноза сейсмических событий (далее – оперативного прогноза). Эта задача включает следующие составные части (общие для всех прогнозов).

1. Определение времени события с точностью порядка часа и не менее, чем за 4 часа до реализации события
2. Определение координат эпицентров событий.
3. Определение энергии предстоящего события.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания ИМГГ ДВО РАН (тема № 1021032421867-3).

Определенное продвижение в разработке методики оперативного прогноза может внести анализ временных вариаций естественных геофизических полей перед землетрясениями на территории Сахалина с относительно небольшой магнитудой 4 – 5.5 (ввиду редкости более сильных землетрясений, и целесообразности заблаговременной подготовки методики).

Результатами предыдущих исследований на Южно-Луговском геофизическом полигоне [1, 2] нами было показано, что естественные геофизические поля (ЕГП) над залежью углеводородов (УВ) проявляют нестабильность перед землетрясениями. Было обнаружено, что за несколько часов до предстоящего сейсмического события происходят резкие возмущения полей. По данному признаку время предстоящих сейсмических событий может быть определено не менее чем за 4 часа до их реализации независимо от магнитуды событий, если эпицентры этих событий будут находиться в радиусе 650 км от места наблюдений. Там же [2] был намечен путь решения задачи об определении координат эпицентров предстоящих сейсмических событий, по которому необходимы синхронные наблюдения за естественными геофизическими полями не менее чем на 3 полигонах, расположенных не на прямой линии, с удалением не менее 200 км друг от друга.

Для частичной реализации решения данной задачи в августе 2016 года был организован долговременный пункт комплексных геофизических наблюдений на полуострове Ламанон (далее Ламанонский полигон). Выбор места заложения данного полигона основан на результатах комплексных геофизических и геохимических исследований на полуострове Ламанон в 2007 году [3]. Здесь, по нашей методике определения продуктивности в нефтегазоносном отношении [1] исследовано 5 перспективных объектов, три из них по комплексу признаков признаны продуктивными [3]. Стационарный пункт размещен на объекте «Каменский», который соответствует всем необходимым требованиям, предъявляемым к полигону, предназначенному для наблюдений за естественными геофизическими полями с целью отработки методики прогноза сейсмических событий, п.е. полигон размещен над прогнозируемой залежью УВ, удален от населенного пункта — источника техногенных помех и имеет место для размещения азимутально ориентированной дипольной установки для наблюдений за естественным электрическим полем (ЕП) с малым перепадом высот. Синхронные (одновременные) наблюдения на Южно-Луговском и Ламанонском полигонах производились с 14 августа по 10 сентября 2016 года и с 19 сентября по 5 октября 2019 г. Местоположение полигонов показано на рис. 1.

Координаты центров установок ЕП: Южно-Луговской полигон: 46°42′10″ с.ш.; 142°28′00″ в.д.; Ламанонский полигон: 48°32′19″ с.ш.; 141°59′00″ в.д. В пределах Южно-Луговского полигона расположен пункт С12, действующий в 2018–2019 годах (указан на графиках), координаты: 46°42′59″ с.ш.; 142°27′51″ в.д. Для отработки методики поисков скоплений УВ на Южно-Луговском геофизическом полигоне в летне-осенние полевые сезоны 2003, 2004 и 2006 гг. выполнено 9 циклов комплексных (гравиметрических и термометрических) наблюдений по сети профилей, пересекающих все продуктивные блоки месторождения. По результатам наблюдений установлены основные признаки продуктивности:

1. В контуре продуктивности гравитационное поле нестабильно во времени. Разности значений  $\Delta g_n$  между циклами наблюдений достигают величины  $\pm 0.16$  мГал.



Рис. 1. Схема расположения стационарных пунктов: 1 – Южно-Луговской, 2 – Ламанонский

2. Продуктивные блоки структуры характеризуются максимумами нестабильности гравитационного поля и относительными максимумами температур.

3. Гравитационное и термальное поля над залежью меняют характеристики синхронно. Повышению напряженности гравитационного поля в контуре залежи соответствует повышение температур и наоборот: понижение напряженности гравитационного поля сопровождается понижением уровня термального поля.

4. В период прохождения естественного сейсмического импульса в контуре залежи происходит повышение температуры. Здесь же нужно отметить, что эффект нестабильности гравитационного поля над месторождениями УВ впервые обнаружен сотрудниками ИГРГИ АН СССР, достаточно подробно описан в работах Волгиной [4, 5].

Относительные максимумы температур над продуктивными структурами известны из обобщения [6]. Существование объектов с повышенной чувствительностью к процессу подготовки сейсмических событий рассматривает И. П. Добровольский [7], не выделяя залежи УВ в особый ряд. Однако в процессе описываемых исследований, получены эффекты в естественных геофизических полях, соответствующие процессу подготовки сейсмического события только над залежью газа. Попытки вынести стационарные пункты за контур залежи не имели необходимого результата.

Структура и особенности строения Южно-Луговского месторождения газа подробно изложены ранее [1, 8], там же подробно изложена методика профильных геофизических наблюдений. Геологическое строение участка недр на Ламанонском полигоне, структура и обоснование ее продуктивности изложено в работе [2].

Поясним терминологию. Далее по тексту используется термин «возмущение полей», под которым понимается резкое отклонение хода временных графиков от предыстории, как правило тренда, субпараллельного оси времени. Пример поведения естественного электрического поля в период отсутствия сейсмических событий приведен в работе [3].

## Результаты исследований и обсуждение

Полученная информация не равноценна по значимости. Наиболее информативны данные ЕП, которые в графической форме позволяют определить время предстоящего сейсмического события и, в большинстве случаев, направление от места наблюдений на его эпицентр. Данные магнитометрии и термометрии используются для подтверждения факта события и более точного определения времени предстоящего события. Суточные фрагменты записей естественных геофизических полей (ЕПП) полученные в данный период 2016-2019 гг. в графической форме последовательно представлены ниже.

Использованный здесь, и применяемый далее, способ визуализации результатов наблюдений в виде градиентов поля, дает возможность выделить полезный сигнал, не имеющий четко выраженной формы в истинных значениях поля, а также позволяет определить время предстоящего события на 1.5-2 часа раньше, чем по  $\Delta U$ .

Далее предлагается анализ записи изменений ЕП и геомагнитного поля представленных на рис. 2 и 3, характеризующие серию событий 20 сентября 2015 года.

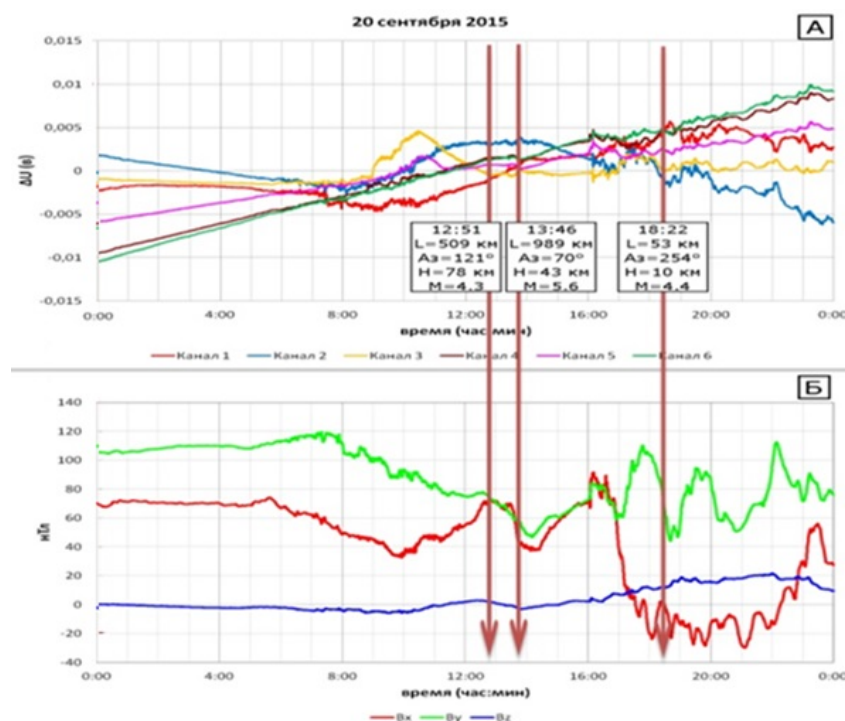


Рис. 2. Реакция естественного электрического и геомагнитного полей на сейсмические события 20.09.2015 г. А - ЕП ( $\Delta U$ ); Б – графики геомагнитного поля по составляющим: Vx, Vy – горизонтальные, Vz – вертикальная.

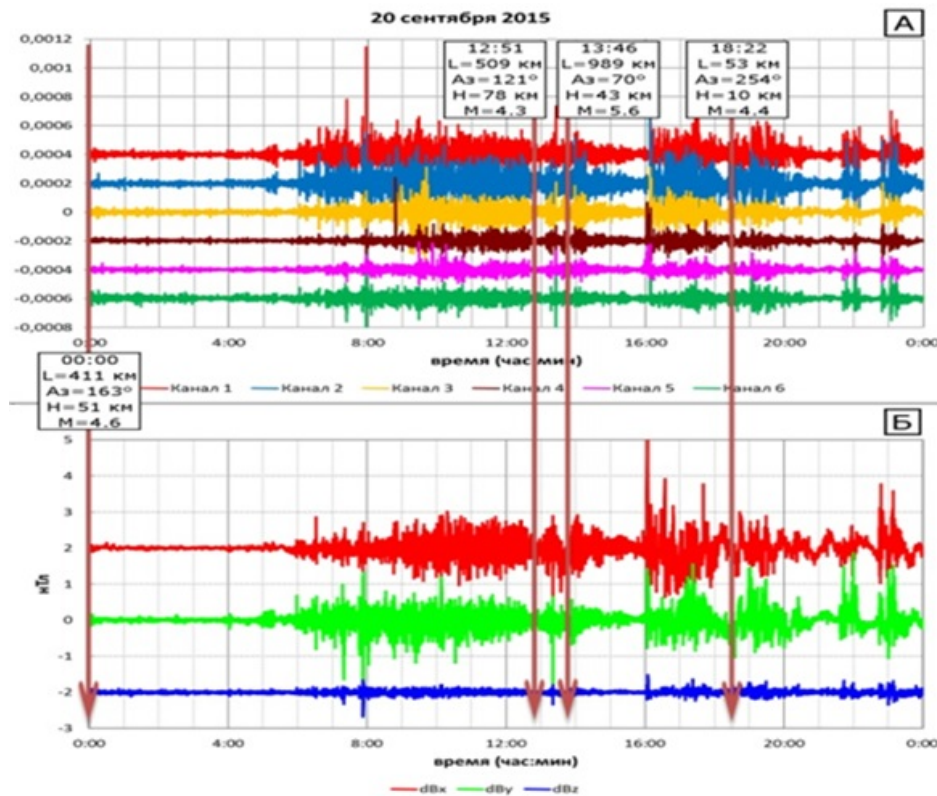


Рис. 3. К событиям 20.09.2015 г. А-производные естественного электрического поля ( $du/dt$ ); Б – производные геомагнитного поля ( $dx/dt$ ,  $dy/dt$ ,  $dz/dt$ ).

Здесь и далее вертикальными красными стрелками отмечено время события, в табличках на стрелках — параметры события: L-расстояние от места наблюдений до эпицентра, H-глубина очага, Az — азимут от места наблюдений на эпицентр, M-магнитуда события.

На рис. 2А и 3А представлены графики ЕП ( $\Delta U$ ), и градиентов ЕП соответственно характеризующие серию сейсмических событий 20 сентября 2015 года. За этот период сейсмостанциями Сахалина зарегистрировано 3 события. слабо выраженных в полях по причине большой удаленности эпицентров от пункта наблюдений. Отражение события в 12 час. 51 мин. рассматривается подробно из-за наличия прогностических признаков по нескольким параметрам. При рассмотрении отметим следующие моменты. На графиках ЕП (рис. 2А) возмущения поля, предшествующие событию, начинаются в 7 часов, примерно за 5 часов 50 минут до его реализации. Наибольшая амплитуда сигнала отмечена по каналу 3 (диполь ориентирован по азимуту  $60^\circ$ ) На графиках геомагнитного поля (рис.3Б) меридиональная составляющая ( $B_x$ ). реагирует на событие одновременно с ЕП, но широтная составляющая ( $B_y$ ) резко отклоняется от тренда в 5 час. 40 мин, примерно за 7 часов 50 минут до события. На графиках градиентов ЕП (рис. 3А) начало возмущений четко отмечается в 5 часов по каналам 1 и 2, менее выражено по каналу 6. Графики градиентов геомагнитного поля (рис. 3Б) практически синхронно повторяют графики градиентов ЕП ( $B_z$  здесь не информативна)

Следующее событие в 18 час. 22 мин. характеризуется резким возмущением ЕП по всем каналам и геомагнитного поля. по горизонтальным составляющим зарегистрировано в 16 часов 22 минуты. В данном случае сигнал, предшествующий

событию, хорошо опознается за 2 часа 38 минут до его реализации. Более ранние колебания полей неоднозначно опознаются как относящиеся к рассматриваемому событию поскольку искажены колебаниями, вызванными двумя предыдущими событиями. Здесь наибольшая амплитуда сигнала в ЕП фиксируется по каналу 4 (диполь ориентирован по азимуту 90-270 градусов), с косвенным подтверждением широтного удаления источника от пункта наблюдений по горизонтальным составляющим геомагнитного поля. Таким образом, азимутальное направление на источник рассматриваемого события определяется достаточно уверенно.

Анализ изложенного приводит к выводам:

1. Визуализация наблюдений в градиентах полей позволяет получить сигнал о предстоящем сейсмическом событии примерно на 2 часа раньше, чем по графикам в истинных значениях. Вариации ЕП и геомагнитного поля над залежью углеводородов за несколько часов до землетрясения выражены более отчетливо по сравнению с возмущениями этих полей, которые отмечались в других зонах, удаленных от залежей [9, 10].

2. По наибольшей амплитуде сигнала можно определить примерное азимутальное направление от пункта наблюдений на эпицентр предстоящего события. Здесь необходимо сделать следующие пояснения. Стационарный пункт наблюдений, на котором получены исходные данные для демонстрируемых здесь графиков организован в 2014 году. До 2014 года стационарный пункт был расположен в северной части центрального блока Южно-Луговского месторождения, где ориентировка сигнала определялась практически всегда по диполю, ориентированному на эпицентр события. На пункте 2014 года сигналы ЕП, принимаемые от источников, расположенных в восточном секторе относительно пункта наблюдений, имели большую амплитуду по каналам, ориентированным на 60 градусов против часовой стрелки от истинного направления. Это отклонение регистрируется устойчиво в период наблюдений в полевые сезоны 2014 – 2017 годов. Вероятно, этот эффект связан с электрической анизотропией залежи газа, который нужно учитывать без дополнительного изучения, и вводить при определении направления поправку +60°. При организации пункта наблюдений над другой залежью УВ, необходимо учитывать, что поправка может быть другой. При запуске аппаратуры в рабочий режим необходимо тестирование аппаратуры сравнением вычисленных азимутов по координатам эпицентров, полученных от официальных источников с реально определяемыми аппаратурой ЕП.

3. В геомагнитном поле сигналы о предстоящих событиях хорошо выражены по широтной горизонтальной составляющей  $V_u$ , указывая на удаление источника в широтном направлении от пункта наблюдений.

Далее предлагается рассмотреть результаты одновременных (синхронных) наблюдений естественного электрического и геомагнитного полей, произведенных на 2 пунктах. Один из пунктов расположен на Южно-Луговском полигоне, второй на Ламанонском.

На рис. 4 представлен фрагмент записи в градиентах ЕП, характеризующих серию сейсмических событий 16 августа 2016 г., эпицентры событий расположены к северу от полигонов с разностью расстояний около 200 км. Время событий по выявленным ранее признакам в данном случае определить невозможно. При сопоставлении записи событий следует очевидный вывод о том, что в записи полученной на Ламанонском пункте, расположенном на 200 км ближе к месту событий чем Южно-Луговской, амплитуда сигнала по каналу 1, ориентированному близко по направлению на



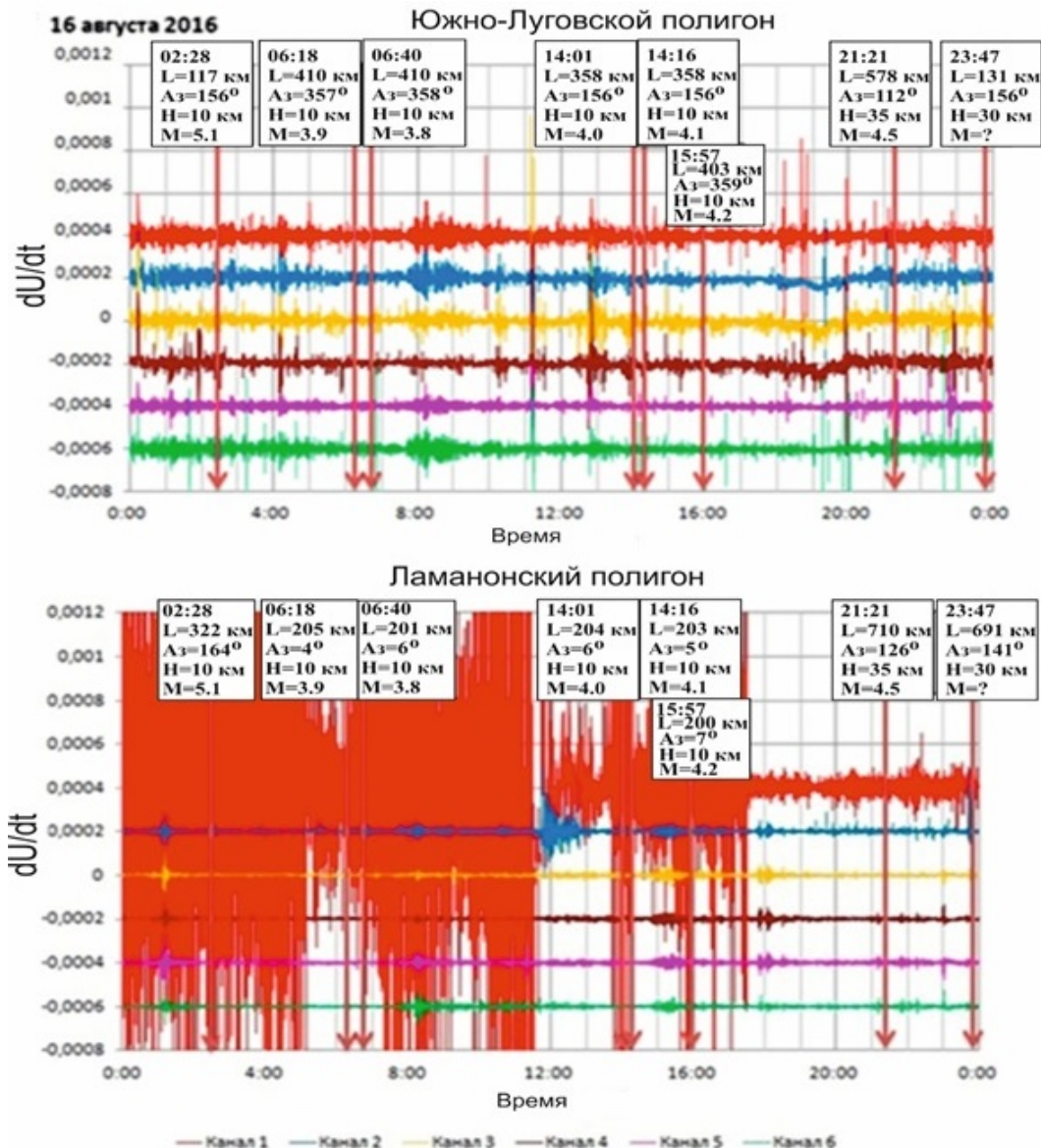


Рис. 4. Сопоставление графиков градиентов ЕП по результатам наблюдений на Южно-Луговском и Ламанонском полигонах.

эпицентры событий ( $360^\circ$ ), на несколько порядков выше чем в записи синхронно полученной на Южно-Луговском пункте.

Нетрудно представить, что, имея пункт наблюдений на 300-400 км севернее Ламанского, область проявления событий может быть определена даже без четкой дифференциации сигнала по каналам.

Далее представляются суточные записи состояния геомагнитного поля и ЕП, выполненные 19 сентября 2019 года на Ламанонском полигоне и на пункте С-12 Южно-Луговского полигона (удален от пункта 2014-17 гг на 2 км к северу).

На рис.5, 6 показана реакция полей на три события, параметры которых указаны в табличках на указателях. Все события четко выражены локальными периодами возмущения полей как в истинных значениях, так и в градиентах. Начало следующего периода возмущений в 21часи продолжающееся до конца суток,

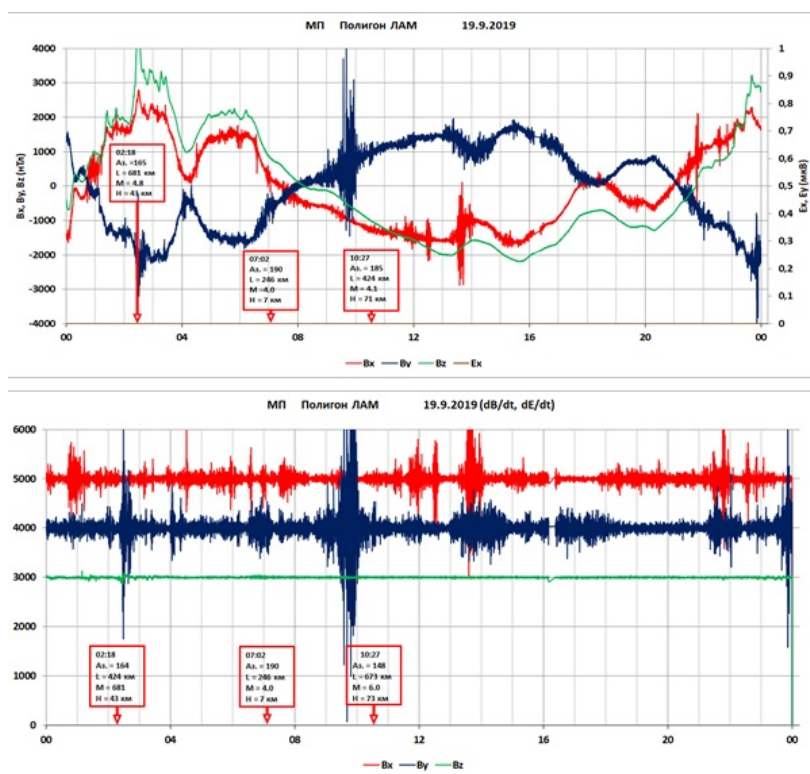


Рис. 5. Реакция геомагнитного поля на события 19 сентября 2019. Ламанонский полигон.

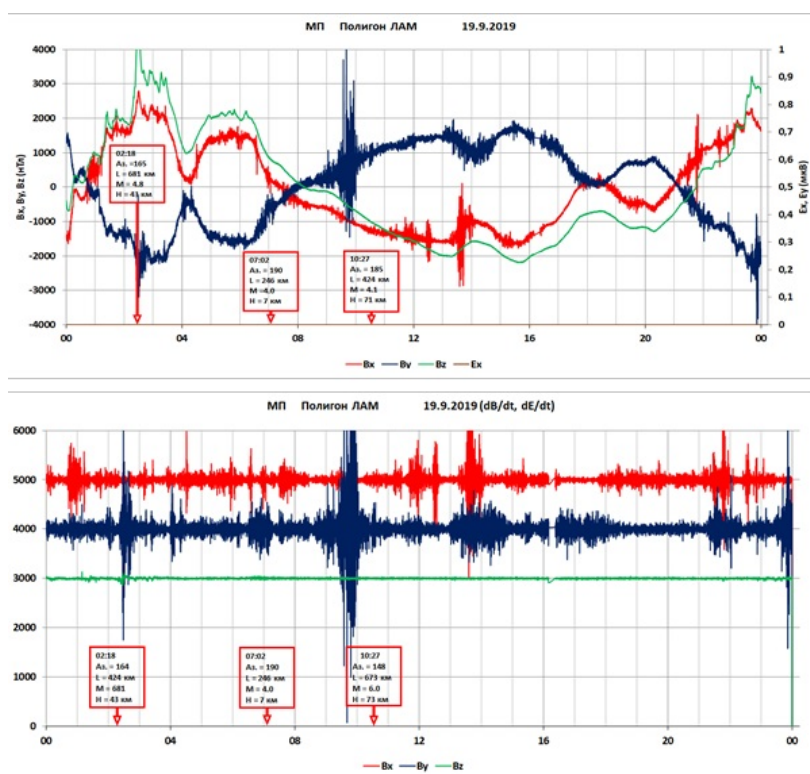


Рис. 6. Реакция геомагнитного поля на события 19 сентября 2019. Ламанонский полигон.



относится к событию, реализованному 20 сентября в 1 час 40 мин. и выражено максимумом интенсивности.

Периоды подготовки и реализации событий хорошо выражены в геомагнитном поле на записях полученных на Ламанонском (рис. 5) и Южно-Луговском (рис. 6) полигонах. Записи этих эпизодов полностью согласуются с результатами наблюдений ЕП на Южно-Луговском полигоне (рис. 7).

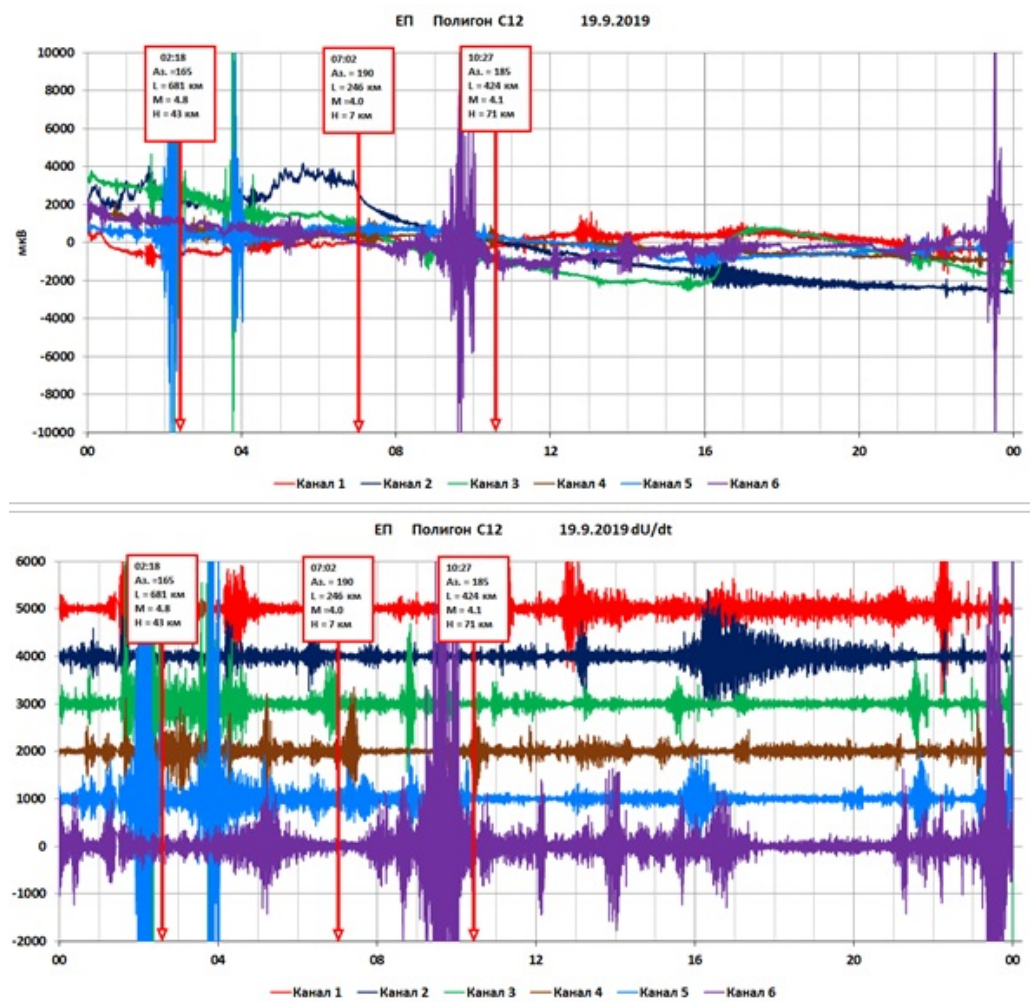


Рис. 7. Реакция естественного электрического поля на события 19 сентября 2019. Южно-Луговской полигон.

Заканчивая представление фактического материала, необходимо обратиться к результатам термометрических наблюдений, которые включены в применяемый комплекс и, в большинстве эпизодов, имеют определенное значение при расшифровке сигналов поступающих от источников возмущений полей в части более точного определения времени предстоящих событий.

Показанный эпизод (рис.8) представляет наиболее часто встречаемую форму отражения в характере изменения термального слоя в период подготовки сейсмического события. Однако, как и в других полях, в начале интервала записи предшествующему событию (как правило 6-8 часов до события) единственным устойчивым признаком является резкое отклонение значений от предыдущего, субпараллельного оси времени тренда.

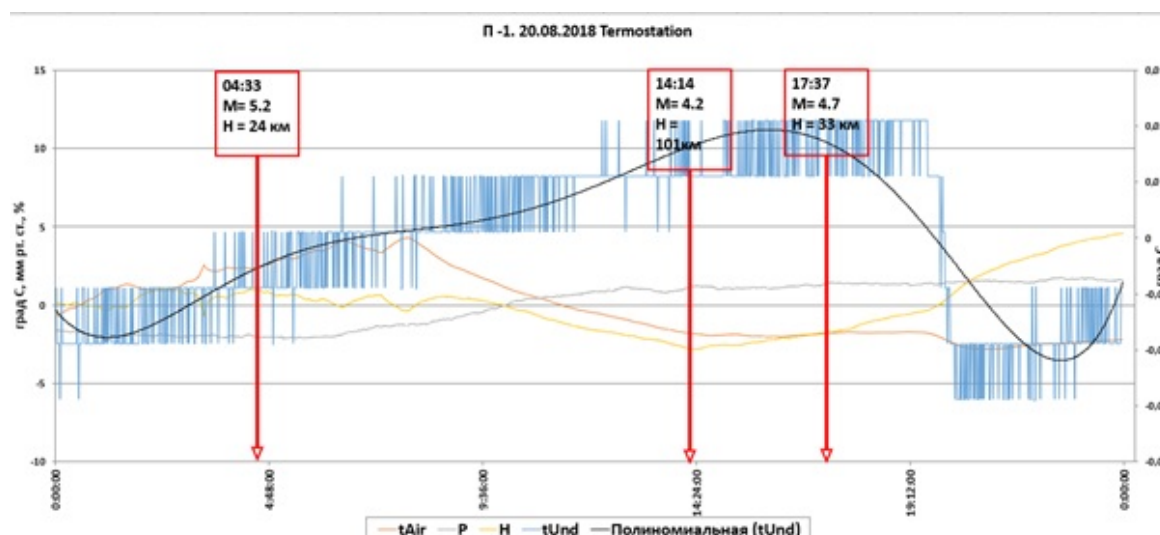


Рис. 8. Состояние температуры в скважине в период сейсмических событий 20 августа 2018 года. В условных обозначениях: tAir- температура воздуха, P – атмосферное давление. H – влажность воздуха, tUnd – температура в скважине.

В данном случае применяется станция температурного мониторинга, сконструированная и изготовленная ст. инженером лаборатории Сохатюком Ю. В. Датчик температуры погружен на глубину 5.5 м, имеет разрешение 0.01 градуса.

Для сглаживания периодов перехода порога разрешения проведена линия тренда, по которой прослеживается плавное увеличение температуры перед сейсмическими событиями. Моменты событий относительными максимумами температур в скважине с амплитудой до 0.03 градуса. Начавшееся увеличение температуры в конце суток 20.08.18, завершается относительным максимумом 21.08.18 с регистрацией сейсмического события в 03 ч 34 м.

Используемая модификация термометрических наблюдений может быть более информативной при погружении датчиков на глубину 15 м и более.

## Заключение

Основные результаты исследований и их место в проблеме оперативного прогноза сейсмических событий сформулируем, разделяя вопросы определения времени предстоящего события (1), расположения эпицентра (2) и энергии события (3).

1. Определение времени предстоящего события по результатам наблюдений используемого комплекса методов электро- магнито- и термометрии, возможно не менее чем за 4 часа до его реализации (обычно за 6-8 часов). Это положение соблюдается, если событие происходит после периода некоторого сейсмического спокойствия продолжительностью 10-12 часов. Если же события следуют друг за другом через короткие промежутки времени (менее 4 часов), четко определяется только время первого события. Определение времени последующих возможно только после уверенного определения точки затухания колебаний, вызванных предыдущим событием.

2. Определение координат эпицентров предстоящих событий по применяемому комплексу наблюдений, возможно только способом азимутальных засечек с нескольких пунктов, расположенных на удалении не менее 200 км друг от друга. Главной здесь является проблема определения азимутального направления с пункта наблюдений на эпицентр. При использовании шести азимутальной установки ЕП, азимут на эпицентр может быть определен с погрешностью  $\pm 15$  градусов, при правильном определении канала, ориентированного близко по направлению на эпицентр. В большинстве записанных эпизодов процедура определения осуществляется успешно, однако, при активизации сейсмических процессов проблема решается неоднозначно, или не решается вовсе. В таких случаях предполагается применение эффекта, выявленного в ходе синхронных наблюдений на Южно-Луговском и Ламанонском полигонах, который заключается в многократном увеличении амплитуды колебаний ЕП по мере приближения к источнику возмущений. Другими словами, при соответствующей плотности сети наблюдений, область нахождения источника возмущения полей (эпицентра) может быть определена и без четкой канальной дифференциации сигнала. Полному решению проблемы определения координат эпицентров предстоящих событий может способствовать только увеличение плотности сети наблюдений и совершенствование применяемых средств наблюдения.

3. В части определения магнитуды предстоящего события, на данной стадии исследований найдены предпосылки определения событий высокого энергетического класса. По записи вариаций естественного электрического поля до события 14 августа 2012 года с магнитудой (по разным оценкам от 7 до 7.5), установлено, что колебания поля, предшествующие событию, происходили на сверхнизкой частоте, явно менее 0.01 Гц [1, 3]. Всем остальным событиям предшествуют вариации поля, превышающие частоту первых единиц Гц. Таким образом совершенствование техники наблюдений в части прослеживания изменений частот позволяет надеяться на успешное решение проблемы определения энергетического класса предстоящих событий.

Для достижения успеха в решении данной проблемы предполагается дальнейшее совершенствование применяемой аппаратуры, введение в процесс наблюдений автоматических высокоточных гравиметров. По мере продолжения исследований, возможно применение мобильной аппаратуры для определения вариаций в концентрациях водорода, гелия, радона, метана и его гомологов, аномальные изменения которых известны в периоды сейсмической активности.

**Конкурирующие интересы.** Авторы заявляют, что конфликтов интересов в отношении авторства и публикации нет.

**Авторский вклад и ответственность.** Все авторы участвовали в написании статьи и полностью несут ответственность за предоставление окончательной версии статьи в печать. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

## Список литературы/References

- [1] Паровышный В. А., “Признаки подготовки сейсмических событий по вариациям естественных геофизических полей над залежью газа”, *Мониторинг. Наука и технологии*, 2015, №1(26), 25-32. [Parovyshnyy V. A., “Priznaki podgotovki seysmicheskikh sobytiy po variatsiyam yestestvennykh geofizicheskikh poley nad zalezhu gaza”, *Monitoring. Nauka i tekhnologii*, 2015, №1(26), 25-32].

- [2] Паровышный В.А., Сеначин В.Н., Кочергин Е.В., В.И. Ходоков В.И., *Отчет о комплексных геофизических и геохимических исследованиях на Красногорской площади лицензионного участка недр «Ламанонский», выполненных в 2007 году геофизическим отрядом лаборатории геодинамики ИМГиГ ДВО РАН, Сахалинский территориальный геологический фонд (СахТГФ), Всероссийский геологический фонд (ВГФ), Южно-Сахалинск, 2008, 94 с.* [Parovyshnyy V.A., Senachin V.N., Kochergin Ye.V., V.I. Khodokov V.I., *Otchet o kompleksnykh geofizicheskikh i geokhimicheskikh issledovaniyakh na Krasnogorskoy ploshchadi litsenzionnogo uchastka neдр «Lamanonskiy», vypolnennykh v 2007 godu geofizicheskim otryadom laboratorii geodinamiki IMGiG DVO RAN, Sakhalinskiy territorial'nyy geologicheskii fond (SakhTGF), Vserossiyskiy geologicheskii fond (VGF), Yuzhno-Sakhalinsk, 2008, 94 pp.*]
- [3] Parovyshnyi V.A., Senachin V.N., Veselov O.V., Kochergin E.V., “Temporal variation in geophysical fields and earthquake forecasting issues”, *Geodynamics and Tectonophysics*, **6:1** (2015), 63–76.
- [4] Волгина А. И., *О влиянии миграции флюидов на изменение силы тяжести. Повторные гравиметрические измерения*, М., 1988, 181–185 с. [Volgina A. I., *O vliyaniy migratsii flyuidov na izmeneniye sily tyazhesti. Povtornyye gravimetricheskiye izmereniya*, М., 1988 (in Russian), 181–185 pp.]
- [5] Волгина А. И., “Результаты временных изменений гравитационного поля”, *Геология нефти и газа*, 1990, №3, 36–37. [Volgina A. I., “Rezultaty vremennykh izmeneniy gravitatsionnogo polya”, *Geologiya nefiti i gaza*, 1990, №3, 36–37].
- [6] Осадчий В.Г., Лурье А.И., Ерофеев В.Ф., *Геотермические критерии нефтегазонасности недр*, Наукова думка, Киев, 1976, 142 с. [Osadchiy V.G., Lur'ye A.I., Yerofeyev V.F., *Geotermicheskiye kriterii neftegazonosnosti neдр*, Naukova dumka, Kiyev, 1976, 142 pp.]
- [7] Добровольский И.П., *Математическая теория подготовки и прогноза тектонического землетрясения*, Физматлит, М., 2009, 236 с. [Dobrovolskiy I.P., *Matematicheskaya teoriya podgotovki i prognoza tektonicheskogo zemletryaseniya*, Fizmatlit, М., 2009, 236 pp.]
- [8] Паровышный В.А., “Временные изменения геофизических полей над газовой залежью (о. Сахалин)”, *Тихоокеанская геология*, **27:4** (2008), 3–14. [Parovyshnyy V.A., “Vremennyye izmeneniya geofizicheskikh poley nad gazovoy zalezhyu (o. Sakhalin)”, *Tikhookeanskaya geologiya*, **27:4** (2008), 3–14].
- [9] Зубков С.И., *Каталог импульсных электромагнитных предвестников землетрясений*, АН СССР (Ин-т физики Земли), М., 1991, 127 с. [Zubkov S. I., *Katalog impul'snykh elektromagnitnykh predvestnikov zemletryasenyi*, AN SSSR (In-t fiziki Zemli), Moscow, 1991, 127 pp.]
- [10] Johnston M. J. S., “Review of electric and magnetic fields accompanying seismic and volcanic activity”, *Surveys in Geophysics*, **18:5** (1997), 441–476.

## **Problems of operative prediction of seismic events. The suggested way to solution**

***V. A. Parovyshnyi, L. M. Bogomolov, Yu. V. Sohatyuk, D. V. Parovyshnyi***

Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

Nauki st., 1 B, Russia

E-mail: valimgg@yandex.ru

The results of experimental studies aimed at studying the nature of the temporary changes in natural geophysical fields (NGF) above the gas deposit located in the zone of influence of the active regional fault, as well as revealing the connection of these changes with seismicity are found. The experiment established that the seismic events preparation process is accompanied by a sharp instability NGF above productive reservoirs of the deposit.

*Key words: natural electric field, geomagnetic field, thermal field, gravitational field, prediction.*

DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-120-132

Original article submitted: 03.03.2021

Revision submitted: 27.04.2021

**For citation.** Parovyshnyi V. A., Bogomolov L. M., Sohatyuk Yu. V., Parovyshnyi D. V. Problems of operative prediction of seismic events. The suggested way to solution. *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2021, **35**: 2, 120-132. DOI: 10.26117/2079-6641-2021-35-2-120-132

**Competing interests.** The authors declare that there are no conflicts of interest regarding authorship and publication.

**Contribution and Responsibility.** All authors contributed to this article. Authors are solely responsible for providing the final version of the article in print. The final version of the manuscript was approved by all authors.

*The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)*

© Parovyshnyi V. A. et al., 2021

**Funding.** The study was carried out in frames of the state assignment of the IMGG FEB RAS (topic1021032421867-3).