

УДК 550.38:681.396

## Возможность организации геодинамического контроля оползневых тел с использованием геоэлектрических методов

Кузичкин О.Р., Цаплева А.В., Трачевский В.В.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проведением долговременных наблюдений за геодинамикой опасных оползневых процессов, с целью предупреждения катастрофических последствий их развития. Проведен анализ, позволяющий сделать вывод об увеличении интенсивности застройки прибрежной зоны городов, расположенных на берегах крупных рек и водоемов. Изучена потенциальная опасность неконтролируемой застройки и проявления негативного влияния оползней, вследствие влияния климатических факторов и увеличения техногенной нагрузки. Рассмотрена зависимость интенсивности оползневых проявлений от техногенной нагрузки на грунт, а также природных и климатических факторов. Поставлены основные задачи, решение которых позволит провести эффективный геодинамический контроль оползневых тел. Также рассматриваются основные особенности проведения геоэлектрического контроля оползневых явлений с использованием многоканальных систем геоэлектрического контроля. Показано, что система геодинамического контроля, построенная с использованием геоэлектрических методов, позволяет формировать прогнозные оценки развития оползней еще до появления внешних деструктивных изменений.

*Ключевые слова:* оползень, геодинамические процессы, геоэлектрический контроль, многополюсная геоэлектрическая установка, эквипотенциальный метод, обработка сигнала.

## Geodynamic monitoring of landslide bodies using geoelectric methods

Kuzichkin O.R., Tsaplev A.V., Trachevskiy V.V.

The article discusses issues related to the long-term observations of the geodynamics of dangerous landslide processes, in order to prevent the disastrous consequences of their development. The analysis, which allows to conclude that increasing the intensity of development of coastal cities, located on the banks of large rivers and reservoirs. Explore the potential danger of uncontrolled development and manifestation of the negative impact of landslides, due to the influence of climatic factors and increasing anthropogenic impact. The dependence of the intensity of the landslide manifestations of anthropogenic impact on the ground, as well as natural and climatic factors. Delivered the main tasks that will allow for the effective control of geodynamic landslide bodies. It also discusses the main features of the geoelectric monitoring of landslides using multichannel geoelectric control. It is shown that the system of geodynamic controls built using geoelectric methods allows you to create forecasts of the development of landslides before the advent of external destructive changes.

*Keywords:* landslide, geodynamic processes, geoelectric control, multipolar geoelectric installation, equipotential method, signal processing.

### Введение

В настоящее время значительно выросла интенсивность застройки городских и прилегающих к городу территорий. Под застройку осваиваются новые участки земель, при этом некоторые из них ранее не использовались в виду геологических и гидрогеологических особенностей таких участков.

К таким участкам относятся прибрежные зоны рек и водоемов, которые подвержены затоплению или поражены оползневыми процессами. В этой связи возникает задача разработки эффективных методов геодинамического контроля оползневых процессов на осваиваемых для строительства территориях.

Оползни относят к одним из наиболее опасных экзогенных геологических процессов. Опасность заключается в том, что развитие оползня до его проявления в большинстве случаев протекает без внешних признаков. Большинство методов контроля оползней основано на фиксации происходящих деформаций и контроле изменения рельефа. Но, как правило, такой подход обнаруживает необратимые изменения уже поздно, что делает невозможным применение инженерных защитных мероприятий. Практика использования геоэлектрических методов геодинамического контроля приповерхностных неоднородностей показывает, что они позволяют своевременно выявить критические изменения в геологической среде до их визуального проявления.

Цель работы – обосновать возможность применения низкочастотных методов геоэлектрического контроля для выделения негативной геодинамики оползневых процессов.

#### **Оползневые процессы в приокской зоне города Муром**

Проявление оползня — это нарушение равновесия горных пород, которое протекает медленно и непрерывно или скачкообразно. Оползневое тело скользит непосредственно по отвесным участкам склона. Оползни достигают скорости в очень редких случаях до 3-5 метров в секунду, что назвать медленным невозможно. Обычно скорость движения оползневых масс не превышает одного метра в месяц, что является наиболее опасным, так как предсказать данное явление становится очень сложно [1].

В России исторически городские поселения располагались на берегах больших рек. Проблема оползневой активности стоит очень остро. Наиболее часто оползни возникают на склонах, сложенных чередующимися водупорными (глинистыми) и водоносными породами (например, песчано-гравийными, трещиноватыми известняковыми). Именно таким

районом является прибрежная территория реки Оки в районе города Муром. В этом месте развитию оползней способствует такое залегание, когда слои слагающих пород расположены с наклоном в сторону речной поймы и в том же направлении застроенная прибрежная зона пересечена оврагами. Вдоль всей реки Оки находятся различные нежилые и жилые строения, такие как: железнодорожные и автодорожные мосты, различные промышленные здания, жилые постройки, архитектурные памятники и т.д. Все эти сооружения находятся на потенциально опасных оползневых участках.

#### **Задачи геодинамического контроля оползневых процессов**

Анализируя существующие решения и подходы, применяемые при организации для геодинамического контроля оползневых тел [2], можно выделить следующие решаемые основные задачи:

- выявление структуры и геологического строения тела оползня и окружающего горного массива;
- изучение гидрогеологических условий протекания оползневого процесса и определение характера влияния природных и климатических факторов динамику развития оползня;
- оценка динамики (скорости движения) оползня, изменения напряженного состояния и определение ожидаемого времени подвижек.

Первая задача, как правило, решается при проведении инженерно-геологических изысканий с использованием геофизических методов [3], в результате чего определяется класс и генетический тип оползня.

Решение второй задачи позволяет оценить и систематизировать многофакторность влияния гидрогеологических и климатических факторов на динамику проявления и развития оползня [4]. Именно их влияния может послужить пусковым механизмом необратимых геодинамических изменений в оползневых про-

цессах, которые в свою очередь могут спровоцировать обрушение оползневого тела.

В настоящее время для решения третьей задачи в большинстве систем контроля используют регистрацию поверхностных проявлений оползневых процессов с помощью периодической съемки между опорными реперами. Так же проводят регистрацию шумов в породах (т. е. вибраций, вызванных деформациями), измерение скорости распространения сейсмических волн используют с целью определения появления деформационных изменений. Однако в промышленных и жилых районах уровень сейсмических помех превышает уровень полезного сигнала, что в итоге значительно искажает реальное состояние оползня. При этом дополнительно используются такие дорогостоящие приборы, как экстензометры, инклинометры для буровых скважин, штанговые тензометры и пьезометры для грунтовых вод. Использование системы геодинамического контроля, построенной на базе геоэлектрических методов зондирования [5], в данном случае может упростить задачу и обеспечит высокоточное слежение за динамикой развития оползней. Это позволит предопределить возможные критические ситуации до их проявлений на поверхности.

#### **Особенности геоэлектрического контроля оползневых явлений**

Как правило, оползневое тело расположенное на поверхности среды отделено от основной массы поверхностью скольжения. Глубина залегания поверхности скольжения оползней составляет десятки метров и может находиться, как внутри однородной среды, так и разделять разнородные породы по существующей тектонической трещине.

Учитывая геологические особенности оползней и их глубину залегания наиболее приемлемо применение низкочастотных электроразведочных методов для организации гео-

динамического контроля оползневых процессов. Особенно следует отметить эквипотенциальные методы, основанные на регистрации изменений эквипотенциальных линий источника низкочастотного электромагнитного поля. При использовании многополюсных установок даже возникновение небольших трещин в геологической среде приводит к изменению траекторий эквипотенциальных линий.

В данном методе сеть геоэлектрических датчиков (рис.1) фиксирует геодинамические изменения, происходящие на глубине, которые являются предвестниками возможных внешних катастрофических проявлений. Однако при этом следует отметить сложность начального позиционирования измерительной системы контроля и необходимость проведения подготовительных работ по адаптации системы под контролируемый объект [6]. Важно отметить, что учитывая высокую чувствительность данного метода, требуется дополнительно применять компенсацию температурного климатического влияния [7, 8].

Кроме этого данный метод позволяет регистрировать даже небольшие изменения электрических параметров геологической среды. Данная особенность позволяет оценивать изменение зоны насыщения грунтовыми водами на границе с поверхностью скольжения. Контроль зоны насыщения используется для анализа состояния оползневое тело с целью определения его устойчивости.

#### **Вывод**

Система геодинамического контроля оползневых тел, построенная с использованием эквипотенциальных геоэлектрических установок, обладает большой чувствительностью к геодинамическим изменениям объекта вследствие того, что сигнал, регистрируемый датчиками поля, несет в себе информацию об аномальных изменениях в оползне.

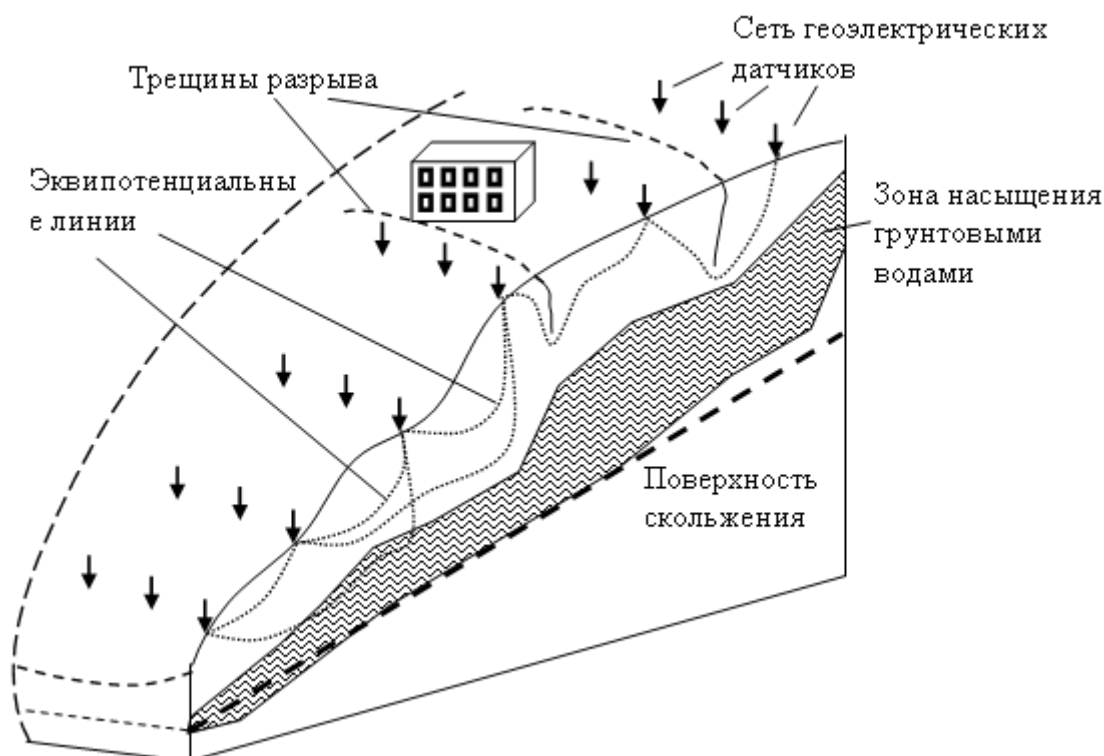


Рис. 1. Пример расположения датчиков многополюсной геоэлектрической системы долговременного контроля оползневых процессов.

В итоге система геодинамического контроля, построенная с использованием геоэлектрических методов, позволяет формировать прогнозные оценки развития оползней еще до появления внешних деструктивных изменений.

### Литература

1. Геологические факторы формирования оползней и селевых потоков и вопросы их оценки / Под ред. Г.С.Золотарева. – М.: Изд-во МГУ, 1976.
2. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика./ Учебник – СПб: Наука, 2001. – 416с.
3. Горяинов Н.Н., Боголюбов А.Н., Варламов Н.М. и др. Изучение оползней геофизическими методами. – М.: Недра, 1987. - 157 с.
4. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. - М.: Недра, 1972. - 310 с.
5. Кузичкин О.Р., Дорофеев Н.В., Цаплев А.В. Кулигин М.Н., Холкина Н.Е. Методы и средства автоматизированного геодинамического контроля и геоэкологического мониторинга // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, №1(13), 2014. - с.63-72.

6. Кузичкин О.Р., Цаплев А.В. Фазовое управление многополюсной электролокационной установкой в геомониторинговых измерительных системах // Методы и средства передачи и обработки информации. – Вып.9. – М.: Изд-во Радиотехника, 2007.

7. Tsaplev A.V. Application of compensation of temperature interferences at geoelectric sounding of the karst (2012) CriMiCo 2012 - 2012 22nd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings. - P. 1075-1076.

8. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р. Применение регрессионной обработки для компенсации температурных помех в системах геоэлектрического контроля // Радиопромышленность. 2012. № 2.

### References

1. Geologicheskie faktory formirovaniya opolznei i selevyh potokov i voprosy ih ocenki [Geological factors of landslides and mudslides, and question their evaluation] / ed. G.S. Zolotarev. - Moscow, MGU, 1976.

2. *Ivanov I.P., Trzhtsin'skiy Y.B.* Inzhenernaja geodinamika [Engineering Geodynamics] / Tutorial - St. Petersburg, Nauka, 2001.

3. *Goryainov N.N., Bogolyubov A.N., Varlamov N.M.* Izuchenie opolznej geofizicheskimi metodami [The study of landslides geophysical methods]. - Moscow, Nedra, 1987.

4. *Emelyanov E.P.* Osnovnye zakonomernosti opolznevykh processov [Basic laws of landslide processes]. - Moscow: Nedra, 1972.

5. *Kuzichkin O.R., Dorofeev N.V., Tsaplev A.V., Kuligin M.N., Kholkina N.E.* Metody i sredstva avtomatizirovannogo geodinamicheskogo kontrolja i geojekologicheskogo monitoringa [Methods and tools for automated monitoring of geodynamic and geo-environmental monitoring] // Radiotekhnicheskie i telekommunikacionnye sistemy [Radio engineering and telecommunication systems], №1 (13), 2014, pp.63-72

6. *Kuzichkin O.R., Tsaplev A.V.* Fazovoe upravlenie mnogopoljusnoj jelektrolokacionnoj ustanovkoj v geomonitoringovyh izmeritel'nyh sistemah [Phase control unit in a multipolar elektrolokatsionnoy geomonitoringovyh measuring systems] // Metody i sredstva peredachi i obrabotki informacii [Methods and means of information transmission and processing]. Vol.9. 2007.

7. *Tsaplev A.V.* Application of compensation of temperature interferences at geoelectric sounding of the karst (2012) CriMiCo 2012 - 2012 22nd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings. P. 1075-1076.

8. *Tsaplev A.V., Kuzichkin O.R.* Primenenie regressionnoj obrabotki dlja kompensacii temperaturnyh pomeh v sistemah geojelektricheskogo kontrolja [Application of regression processing to compensate for temperature noise control systems geoelectric] // Radio industry. 2012. № 2..

**Статья поступила в редакцию 3 сентября 2015 г.**

---

*Кузичкин Олег Рудольфович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: [electron@mivlgu.ru](mailto:electron@mivlgu.ru)

*Цаплев Алексей Вячеславович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: [arhiav@yandex.ru](mailto:arhiav@yandex.ru).

*Трачевский Виталий Викторович* – аспирант ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: [batek@bk.ru](mailto:batek@bk.ru)

---

*Kuzichkin Oleg Rudol'fovich* – Professor, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: [electron@mivlgu.ru](mailto:electron@mivlgu.ru)

*Tsaplev Aleksey Vjacheslavovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: [arhiav@yandex.ru](mailto:arhiav@yandex.ru)

*Trachevskiy Vitaliy Viktorovich* – Graduate student, Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: [batek@bk.ru](mailto:batek@bk.ru)