

## УДК 551.21

### Оценка вулканической опасности для участка ЮЗ подножия вулканов Авачинский и Корякский

*О.В. Дирксен, Л.И. Базанова*

*Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006, e-mail: dirksen@kscnet.ru*

По просьбе Администрации Елизовского района нами был составлен перечень опасных вулканогенных событий и предпринята попытка определить степень опасности каждого из них для небольшого участка ЮЗ подножья вулканов Авачинский и Корякский (рис. 1) на ближайшие 300 лет.

Степень вулканической опасности оценивалась на основе анализа частоты и интенсивности опасных явлений, происходивших на изучаемой территории за последние 3500 лет. Кроме того, учитывалась современная стадия активности вулканов. Анализ опубликованных материалов и данные наших полевых работ показали, что на территории участка за это время отмечались следующие опасные явления: лавовые потоки, пеплопады и грязекаменные потоки (лахары и сели). Пирокластические потоки, связанные с извержениями Авачинского и Корякского вулканов, ни разу не достигали границ участка за интересующий нас промежуток времени, поэтому при оценке опасности этот тип опасных явлений не рассматривался.

При проведении картирования территории, в зависимости от генезиса отложений и вулкана-источника опасного явления, нами были выделены следующие площади (рис. 1): I – конус выноса р. Сухая Елизовская, II – конус выноса ручья Хитрый, III – конус выноса «Остров», IV – поверхность лавового потока «Родник», V – конус выноса Окно, VI – конус выноса оврага Пра-Широкий, VII – левый берег р. Мутная 1-я.

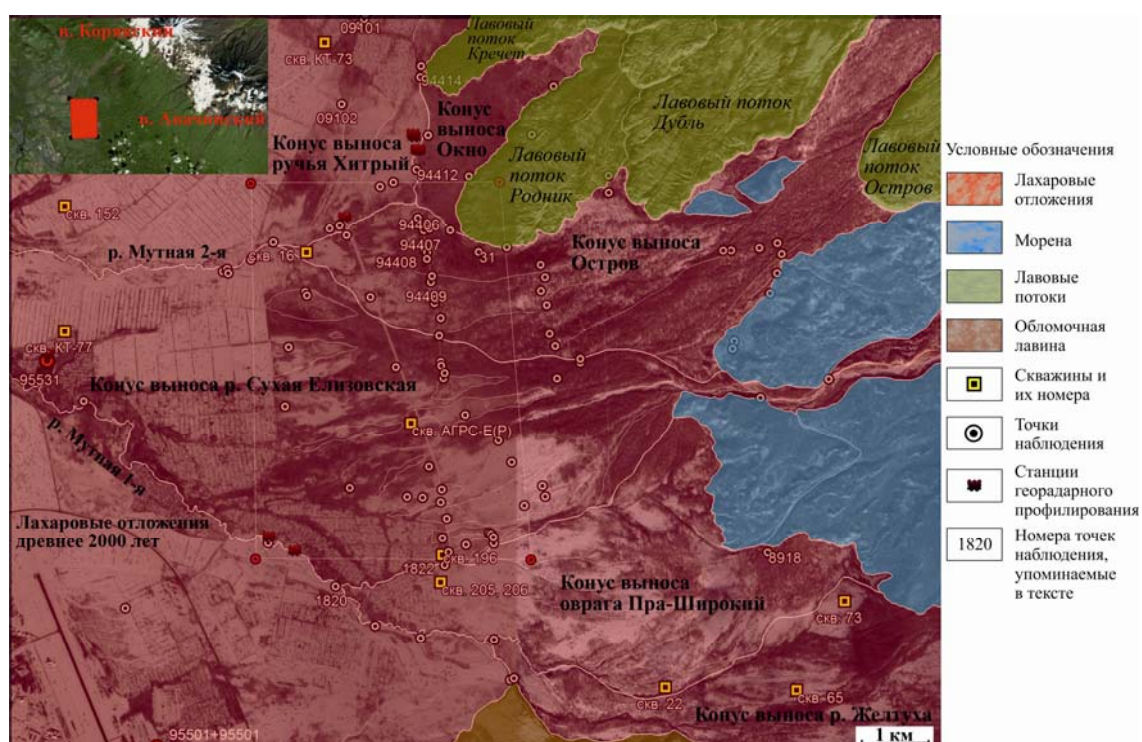


Рис. 1. Геолого-геоморфологическая схема района исследований. Красным прямоугольником обозначен район работ. В левом нижнем углу схемы виден аэропорт г. Елизово. На врезке показано положение района работ относительно вулканов Авачинский и Корякский.

Для выделенных площадей определялась частота повторения каждого опасного явления, а кроме того: для пеплопадов определялась максимальная мощность

единичного пеплопада и рассчитывалась соответствующая максимальная нагрузка от выпавшего пепла на горизонтальную поверхность; для лавовых потоков оценивалась вероятность повторения такого события в зависимости от особенностей окружающего рельефа и расстояния от вулкана; для лахаров определялись максимальная мощность отложений и максимальная скорость лахара. Эта скорость определялась по высоте преодоленного препятствия [4] по формуле:

$$g \cdot h = 1/2 \cdot V^2,$$

где  $V$  – скорость потока,  $g$  – ускорение свободного падения и  $h$  – высота преодоленного препятствия.

Динамическое воздействие грязевого потока на препятствие определяется формулой [3]:

$$P_d = 0,5 \rho \cdot V^2,$$

где  $P_d$  – это сила воздействия (Па или  $\text{кг}/\text{м}^2$ ),  $\rho$  – средняя плотность потока,  $V$  – скорость потока. В свою очередь, плотность потока ( $\rho$ ) зависит от плотности воды ( $\rho_w = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), плотности обломочного материала ( $\rho_s$ ), объемного количества воды в лахаре ( $v_w$ ) и определяется по формуле:

$$\rho = \rho_w \cdot v_w + \rho_s \cdot (1 - v_w)$$

Средняя плотность слабопористых базальтов и андезибазальтов, представляющих основную массу обломочного материала в лахарах Авачинского и Корякского вулкана [1, 2], составляет около  $2000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , объемное содержание воды в грязевом потоке колеблется от 20 до 80% [3]. Зная скорость потока, мы можем определить максимальную силу воздействия на препятствия (стены домов и т.п.). Для определения нагрузки, плотность тефры принята равной  $2050 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Полученные значения для выделенных площадей приведены в табл. 1. Для расчета коэффициента опасности нами было проведено ранжирование полученных значений по критериям, указанным в табл. 2.

Таблица 1. Количественные характеристики опасных явлений

| Площадь | Лахары                   |                             |             | Пеплопады    |                                      | Лавовые потоки |                          |
|---------|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|----------------|--------------------------|
|         | Частота, $1/N$ лет. $N=$ | Сила, $\text{т}/\text{м}^2$ | Мощность, м | Мощность, см | Мах нагрузка, $\text{кг}/\text{м}^2$ | Возможность    | Частота, $1/N$ лет. $N=$ |
| I       | 157                      | 11.1                        | 3           | 17           | 350                                  | нет            | >10000                   |
| II      | 96                       | 2.2                         | 0.5         | 12           | 246                                  | нет            | >10000                   |
| III     | 90                       | 3.5                         | 0.9         | 16           | 328                                  | да             | >10000                   |
| IV      | 0                        | 0                           | 0           | 13           | 266                                  | да             | 3500                     |
| V       | 0                        | 0                           | 0           | 13           | 266                                  | да             | >10000                   |
| VI      | 0                        | 0                           | 0           | 18           | 370                                  | нет            | >10000                   |
| VII     | 322                      | >11                         | 2           | 14           | 287                                  | нет            | >10000                   |

Таблица 2. Критерии оценки событий

| Частота события | Лахары  |   |         |              |         | Максимальный пеплопад                |         | Лавовые потоки |         |
|-----------------|---------|---|---------|--------------|---------|--------------------------------------|---------|----------------|---------|
|                 | Балл, А | Сила воздействия, $\text{т}/\text{м}^2$ | Балл, В | Мощность, см | Балл, С | Мах нагрузка, $\text{кг}/\text{м}^2$ | Балл, D | Вероятность    | Балл, E |
| <100            | 5       | 0 – 2.5                                 | 1       | <25          | 1       | 200 – 250                            | 1       | Возможно       | 2       |
| 100 – 200       | 4       | 2.5 – 5.0                               | 2       | 25-50        | 2       | 250 – 300                            | 2       | Невозможно     | 0       |
| 200 – 300       | 3       | 5.0 – 10.0                              | 3       | 50-100       | 3       | 300 – 350                            | 3       |                |         |
| 300 – 500       | 2       | > 10.0                                  | 4       | 100-200      | 4       | >350                                 | 4       |                |         |
| > 500           | 1       |   |         | >200         | 5       |                                      |         |                |         |

Кроме того, в виде отдельного коэффициента оценивалась степень «значимости» каждого опасного явления. Очевидно, что присвоенные 4 балла

опасности за мощность отложений лахара в 200 см не равны по интенсивности воздействия 4 баллам за выпадение пеплопада мощностью около 18 см. В первом случае, при прохождении такого лахара последствия будут катастрофическими, в то время как при таком пеплопаде (18 см) последствия будут гораздо менее значительные. Чтобы снивелировать эту «неравносность», мы ввели коэффициент значимости (Z), равный: 1 – для пеплопадов, 2 – для лахаров и 3 – для лавовых потоков.

Значение коэффициента опасности ( $K_{оп}$ ) рассчитывалось путем перемножения значения баллов для каждого типа события, и затем сложения трех произведений, т.е.

$$K_{оп} = A * B * C * Z + D * Z + E * Z$$

Полученные значения для каждой площади представлены в табл. 3, и были использованы для составления карты опасности для территории участка (рис. 2).

Таблица 3. Определение коэффициента  $K_{оп}$

| Площадь | Лахары, Z=2      |                        |             | Максимальный пеплопад, Z=1      | Лавовые потоки, Z=3 | $K_{оп}$ |
|---------|------------------|------------------------|-------------|---------------------------------|---------------------|----------|
|         | Частота, 1/N лет | Сила, т/м <sup>2</sup> | Мощность, м | Мах нагрузка, кг/м <sup>2</sup> | Возможность         |          |
| I       | 4                | 4                      | 5           | 3                               | 0                   | 163      |
| II      | 5                | 1                      | 2           | 1                               | 0                   | 21       |
| III     | 5                | 2                      | 3           | 3                               | 2                   | 69       |
| IV      | 1                | 1                      | 1           | 2                               | 2                   | 10       |
| V       | 1                | 1                      | 1           | 2                               | 2                   | 10       |
| VI      | 1                | 1                      | 1           | 4                               | 0                   | 6        |
| VII     | 2                | 4                      | 5           | 2                               | 0                   | 82       |

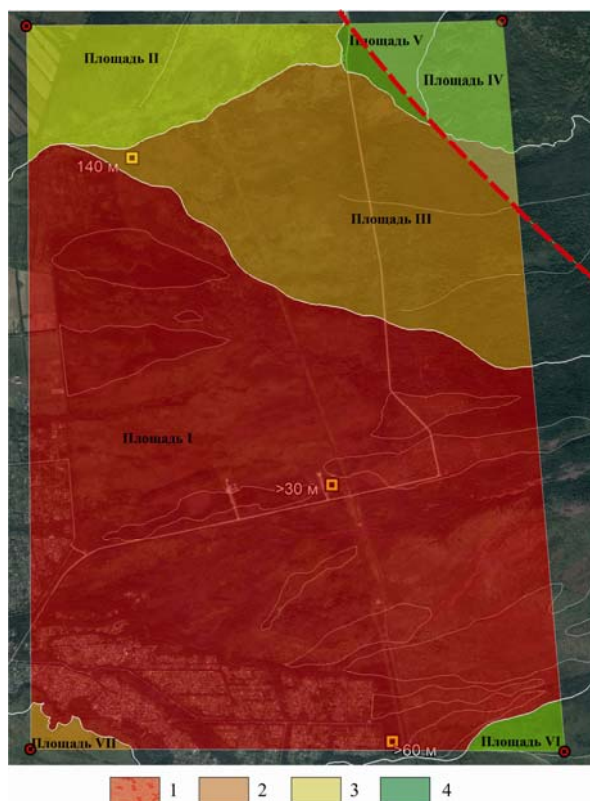


Рис. 2. Карта опасности для района работ. Степень опасности:  
 1 – максимально опасно,  $100 < K_{оп} < 200$ ;  
 2 – очень опасно,  $50 < K_{оп} < 100$ ;  
 3 – опасно,  $20 < K_{оп} < 50$ ;  
 4 – умеренно опасно,  $0 < K_{оп} < 20$ .

Красная пунктирная линия – максимальное расстояние распространения лавовых потоков Корякского вулкана.

Таким образом, максимально опасной территорией является конус выноса р. Сухая Елизовская (площадь I), в первую очередь за счет частых лахаров с Авачинского вулкана, их большой скорости и мощности. Наименее опасными являются площади IV, V и VI, что определяется их защищенностью от лахаров окружающим рельефом.

Для определения наиболее вероятного сценария будущего извержения вулкана Авачинский мы проанализировали ход его исторических извержений и соотнесли его с

современным состоянием вулкана (табл. 4), чтобы выявить вероятные предпосылки возникновения того или иного опасного явления. Как видно из таблицы, наиболее мощные лахары 1827 и 1926 гг. формировались тогда, когда кратер был закупорен, либо перед извержением (1827 г.), либо в его ходе (1926 г.). В ходе извержения происходило разрушение лавовой пробки и, возможно, частичное обрушения верхней части конуса, что приводило к формированию мощных лахаров. Дополнительным благоприятным фактором для образования лахаров служило большое количество снега на склонах конуса (оба лахара произошли в апреле месяце).

Таблица 4. Хронология событий во время исторических извержений

| Годы        | Месяц         | Состояние перед извержением | Ход извержения  | Состояние после извержения       |
|-------------|---------------|-----------------------------|---|----------------------------------|
| 1822        |               |                             | Точных данных о ходе извержения нет   | <b>Кратер закрыт</b>             |
| 1827        | апрель        | <b>Закрытый кратер</b>      | Мощный взрыв, разрушение верхней части конуса, <b>мощные лахары</b>   | Открытый кратер                  |
| 1851 – 1909 |               | Открытый кратер             | Несколько извержений, точных данных о ходе извержения нет   | Открытый кратер                  |
| 1926 – 1927 | март - март   | Открытый кратер             | 3 апреля – лавовый поток, <b>пробка в кратере</b> .<br>4 апреля – мощные эксплозии, <b>мощные лахары</b> .<br>Апрель 1926 – март 1927 – слабые эксплозии  | Открытый кратер                  |
| 1938        | март - ноябрь | Открытый кратер             | Март – мощные эксплозии, <b>раскаленные лавины</b> на ЮВ склоне Молодого конуса, <b>мощный лахар</b> по р. Сухая Халактырская.<br>Сентябрь – излияние лавового потока, <b>пробка в кратере</b> . Ноябрь – мощные эксплозии, лахара нет. | Открытый кратер                  |
| 1945        | февраль       | Открытый кратер             | Мощные эксплозии, лахара нет  | Открытый кратер                  |
| 1991        | январь        | Открытый кратер             | Слабые эксплозии, излияние лавового потока, лахаров нет   | <b>Кратер закрыт пробкой !!!</b> |

В настоящее время кратер Авачинского вулкана закрыт лавовой пробкой извержения 1991 г. и следующее извержение, весьма вероятное в ближайшее время [5], может привести к образованию лахара, в первую очередь, на площади I, особенно мощному в случае весеннего извержения. В этом случае, у обитателей дачных поселков и работников газовой инфраструктуры будет не более 0,5 ч для эвакуации. Поэтому необходимо создание системы экстренного оповещения населения об опасности. Кроме того, нужно информировать об исключительной опасности этого района участников программы «Дальневосточный Гектар», получающих сейчас наделы в пределах конуса выноса р. Сухая Елизовская.

#### Список литературы

1. Базанова Л.И., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические извержения Авачинского вулкана (Камчатка) в голоцене: хронология, динамика, геолого-геоморфологический и экологический эффекты, долгосрочный прогноз // Вулканология и сейсмология. 2004. № 6. С. 15-20.
2. Базанова Л.И., Сулержицкий Л.Д. Вулкан Корякский: реконструкция динамики эруптивной активности за последние 10-12 тысяч лет // Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2009. Т. 1. С. 269-272.
3. Jenkins S.F., Phillips J.C., Price R. et al. Developing building-damage scales for lahars: application to Merapi volcano, Indonesia // Bulletin of Volcanology. 2015. Vol. 77: 75.
4. Wilson C., Walker G. Violence in pyroclastic flows eruptions // Tephra studies. 1981. P. 441-449.
5. Chih-Hsiang Ho. Empirical recurrence rate time series for volcanism: Application to Avachinsky volcano, Russia // J. of Volcanol. Geoth. Res. 2008. Vol. 173. P. 15–25.