

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ В СРЕДЕ ГИС-ПРОЕКТА  
«ГЕОДИНАМИКА БЕЛАРУСИ»

*П.С. ДОЛГИЙ*

*(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,  
Беларусь)*

В работе описана предлагаемая методика расчета комплексного показателя геологической опасности территорий в среде ГИС-проекта.

В рамках диссертационного исследования во время обучения в аспирантуре автором доклада разрабатывался ГИС-проект «Геодинамика Беларуси», объединяющий данные исследований различных наук о Земле, а также позволяющий планировать новые исследования [1].

В качестве платформы выбран свободный ГИС-продукт QGIS.

Рассмотрим подробнее структуру проекта. В зависимости от тематики слои проекта группируются в составные слои:

- Инженерные объекты (магистральные трубопроводы, электростанции, крупнейшие месторождения полезных ископаемых, а также сведения об авариях на них);
- Разломы по Махначу (данные о тектонических разломах на территории Беларуси по данным монографии «Геология Беларуси» А.С.Махнача и др.);
- Полоцк (материалы геодинамических исследований в Полоцком регионе проводимых в рамках научной деятельности кафедры геодезии и ГИС Полоцкого государственного университета [2]);
- Кристаллический фундамент (Карты, векторные данные и построенные по ним цифровые модели кристаллического фундамента Беларуси);
- Космотектоническая карта (по Гарецкому, Каратаеву и др., в растровом и векторном виде [3])
- Карта СВДЗК («Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР» [4] 1989 года издания. Растровые и векторные данные);
- ДДЗ (снимки различных космических аппаратов (Landsat 5-8, Sentinel 1-2, Ресурс-П на территорию инженерных объектов и других территорий);
- ЦМР (фрагменты различных свободно распространяемых ЦМР на территорию Беларуси);
- Карты Национального атласа Республики Беларусь;

– ССТП (информация о станциях спутниковой сети точного позиционирования Республики Беларусь, которая в настоящий момент является наиболее развитой ГНСС-сетью на территории Беларуси с наилучшим закреплением центров пунктов [5-6]);

– Деформации (слой построен на основе анализа измерительной информации со станций спутниковой сети точного позиционирования Республики Беларусь (ССТП). Для различных полигонов интереса построены регулярные сетки из треугольников со станциями ССТП в качестве узлов. Для каждого из треугольников рассчитаны компоненты деформаций по формулам Есикова [7]).

Для обобщения разнородных данных нами предложен интегральный индекс геологической опасности территории. Поскольку результаты обработки повторных ГНСС-наблюдений выражены в виде компонентов деформации, относящихся к треугольникам, в качестве конечных элементов для вычисления индекса также примем эти треугольники.

Комплексный индекс геологической опасности для каждого треугольника вычисляется по формуле

$$P = p_{осн1} + p_{осн2} + \dots + p_{осни} + p_{доп1} + p_{доп2} + \dots + p_{допи} \quad (1)$$

где  $P$  – комплексный индекс;  $p_{осни}$  –  $i$ -й основной критерий,  $p_{допи}$  –  $i$ -й дополнительный критерий.

Количество основных и дополнительных критериев может меняться в зависимости от наличия тех или иных данных. Все описанные показатели имеют различную величину. Чтобы учесть их вместе, необходимо привести показатели к единой балльной шкале. Для этого будем вычислять долю данного значения от максимального для всех исследуемых треугольников в процентах. В нашем случае имеем следующие основные показатели: сумма модулей сдвига за рассматриваемый период; разность максимального и минимального значений современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК), определенных методом повторного высокоточного нивелирования для территории треугольника; вертикальные смещения за рассматриваемый период, полученные методом интерферометрической обработки радарной спутниковой съемки; плотность штрихов, выявленных по результатам линейного анализа; плотность разломов, выявленных ранее по геофизическим данным (Махнач и др.). В качестве дополнительных показателей введем сумму магнитуд сейсмических событий, произошедших в историческом прошлом, отнесенную к расстоянию до очага события и к количеству лет, прошедших с даты события; количество действующих в пределах треугольника месторождений полезных ископаемых, с учетом объемов выработки.

Таблица. – Показатели геологической опасности для Полоцкого полигона

Треугольник	$p_{осн1}$	Ранг $p_{осн1}$	$p_{осн3}$	$p_{осн5} \cdot 10^{-3}$	Ранг $p_{осн5}$	$p_{осн6} \cdot 10^{-3}$	Ранг $p_{осн6}$	$p_{доп2}$	Сумма
Оболь-Бешенковичи - Ушачи	4,95	15	-1	4,1	78	7,3	41	-	134
Шарковщина – Ушачи – Новополоцк	2,65	8	-1	5,0	94	6,0	33	-	135
Верхнедвинск – Шарковщина – Новополоцк	4,33	13	-1	4,5	84	7,8	43	-	140
Россоны – Верхнедвинск – Новополоцк	4,83	15	-1	4,2	79	8,2	45	-	139
Оболь – Витебск – Бешенковичи	2,04	6	-1	3,5	66	10,0	55	-	127
Россоны – Городок – Оболь	5,22	16	-1	3,7	70	15,4	85	-	171
Лиозно – Витебск - Бешенковичи	32,64	100	-1	3,1	59	5,0	27	-	186
Городок – Оболь – Витебск	14,83	45	-1	3,1	59	13,5	75	-	179
Россоны – Оболь – Новополоцк	4,84	15	-1	4,6	88	9,3	52	90	245
Городок – Витебск – Лиозно	24,08	74	-1	3,0	57	18,1	100	-	231
Оболь – Ушачи – Новополоцк	3,90	12	-1	5,3	100	8,6	48	100	260

Для автоматизации расчета индекса разработана модель геообработки.

Рассмотрим результаты расчетов на примере Полоцкого полигона, охватывающего территорию Витебской области (таблица).

Для шести треугольников из 11 расчет показал низкую степень геологической опасности. Наиболее опасными признаны треугольники Новополоцк – Ушачи – Оболь, Городок – Витебск – Лиозно и Новополоцк – Россоны – Оболь. Окрестности крупных городов – Полоцка, Новополоцка, Витебска характеризуются высокой степенью промышленной освоенности, поэтому для соответствующих треугольников характерна высокая степень геологической опасности. В этих треугольниках необходимы более тщательные исследования при проектировании ответственных инженерных сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгий, П. С. ГИС-проект "геодинамика Беларуси" / П. С. Долгий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 8-15.
2. Шароглазова Г.А. [и др.] Инструментальные исследования современной геодинамики в Полоцком регионе // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. - 2015. - № 16. - С. 153-155.

3. Гарецкий Р.Г. [и др.], Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 500 000: создание и результаты / Р.Г.Гарецкий, Г.И. Каратаев, Р.Е.Айзберг, А.К.Карабанов, А.А.Святогоров // Літасфера. – 2013. – № 1. – С. 3–30.
4. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территорию СССР [Карты]: карта / сост. и подгот. к печати Главным управлением по геодезии и картографии СССР в 1989 г. – 1:5000000, 50 км в 1 см. - М. : гл. управление по геодезии и картографии СССР, 1989. – 4 л.
5. Рудницкая Н.А. Спутниковая система точного позиционирования как часть государственной геодезической инфраструктуры Республики Беларусь // Земля Беларуси – 2016. - № 3 – С. 40 – 46.
6. ССТП РБ [Электронный ресурс]: Белгеодезия. – Режим доступа: <https://geo.by/sstp/> - дата доступа: 01.05.2020.
7. Есиков Н.П. Определение деформаций земной поверхности по непосредственно измеренным элементам геодезических сетей. – В кн.: Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. – М.: Наука, 1979. – 152 с.