

## СЕТЕВОЕ ДОПОЛНЕНИЕ К СТАТЬЕ

### "ПЕРЕСМОТРЕННАЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ НА СЕВЕРОКОРЕЙСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ ПУНГЕРИ"

Дэвид Кобленц, научный сотрудник по исследованиям и разработкам Лос-Аламосской национальной лаборатории, отделение наук о Земле и окружающей среде, группа геофизики твердой земли, Лос-Аламос, Нью-Мексико, США.

Фрэнк Пэбиан, научный сотрудник Лос-Аламосской национальной лаборатории, отделение анализа и технологии разведки, Лос-Аламос, Нью-Мексико, США.

Почтовый адрес для корреспонденций: David Coblentz, Solid Earth Geophysics (EES-17), Earth and Environmental Sciences Division, Los Alamos National Laboratory, P.O. Box 1663, Mailstop F665, Los Alamos, NM 87545, USA.

Адрес электронной почты: [coblentz@lanl.gov](mailto:coblentz@lanl.gov)

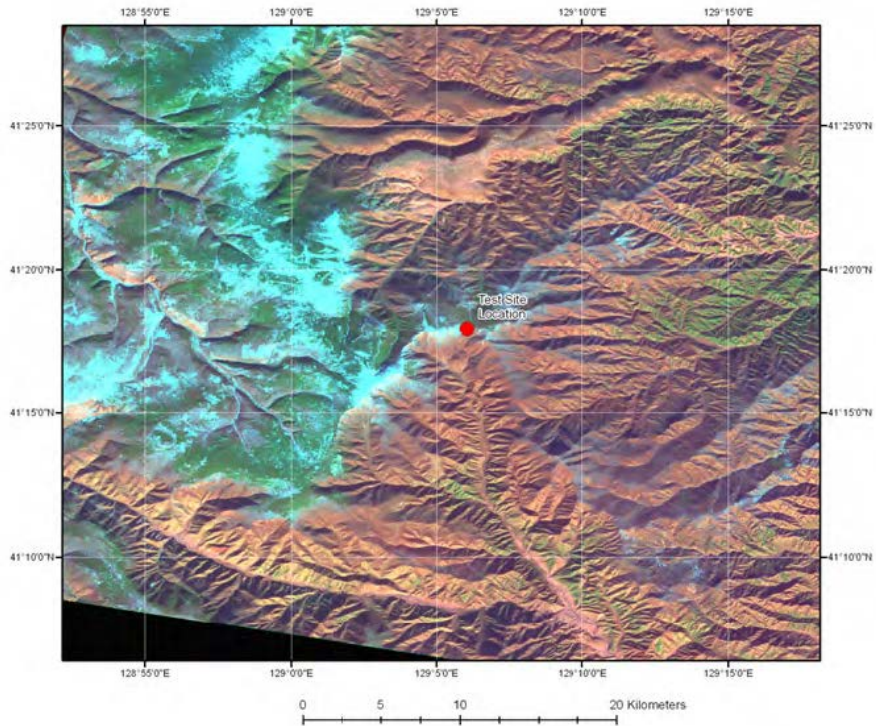


Рисунок А1 (верхняя часть). Данные прибора "ASTER", использованные для построения геологической карты полигона ядерных испытаний Пунгери Геологической службой США. Красный кружок - местоположение испытательного полигона. Под рисунком – линейка масштаба в километрах.

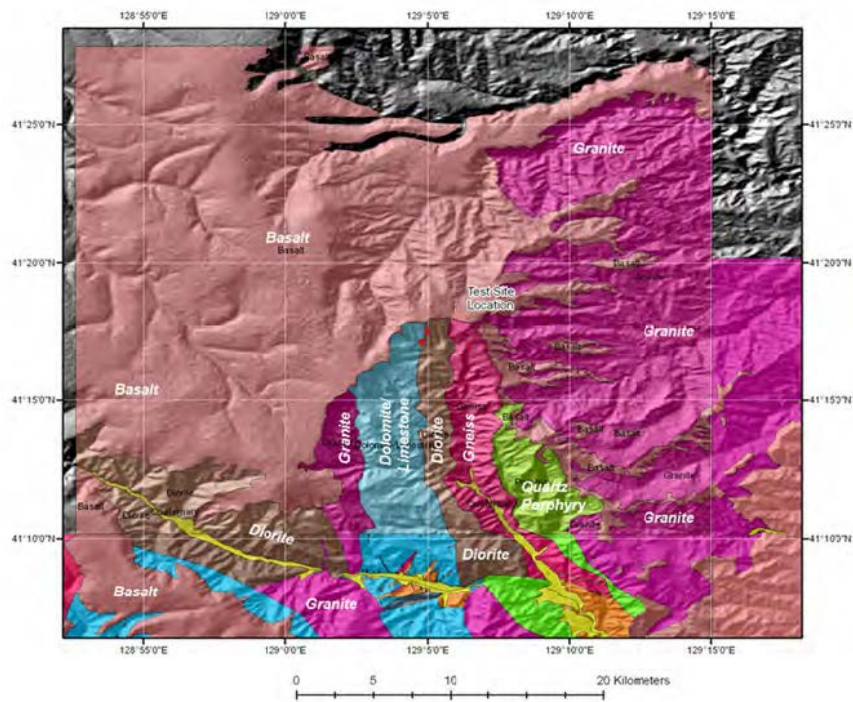


Рисунок А1 (нижняя часть). Геологическая интерпретация на базе рекогносцировки Геологической службой США (включая спектральные данные прибора "ASTER"). Красными кружками отмечены местоположения испытаний. Геологические отметки: basalt – базальт; granite – гранит; diorite – диорит; dolomite – доломит; limestone – известняк; gneiss – гнейс; quartz porphyry – кварцевый порфир). Под рисунком – линейка масштаба в километрах.



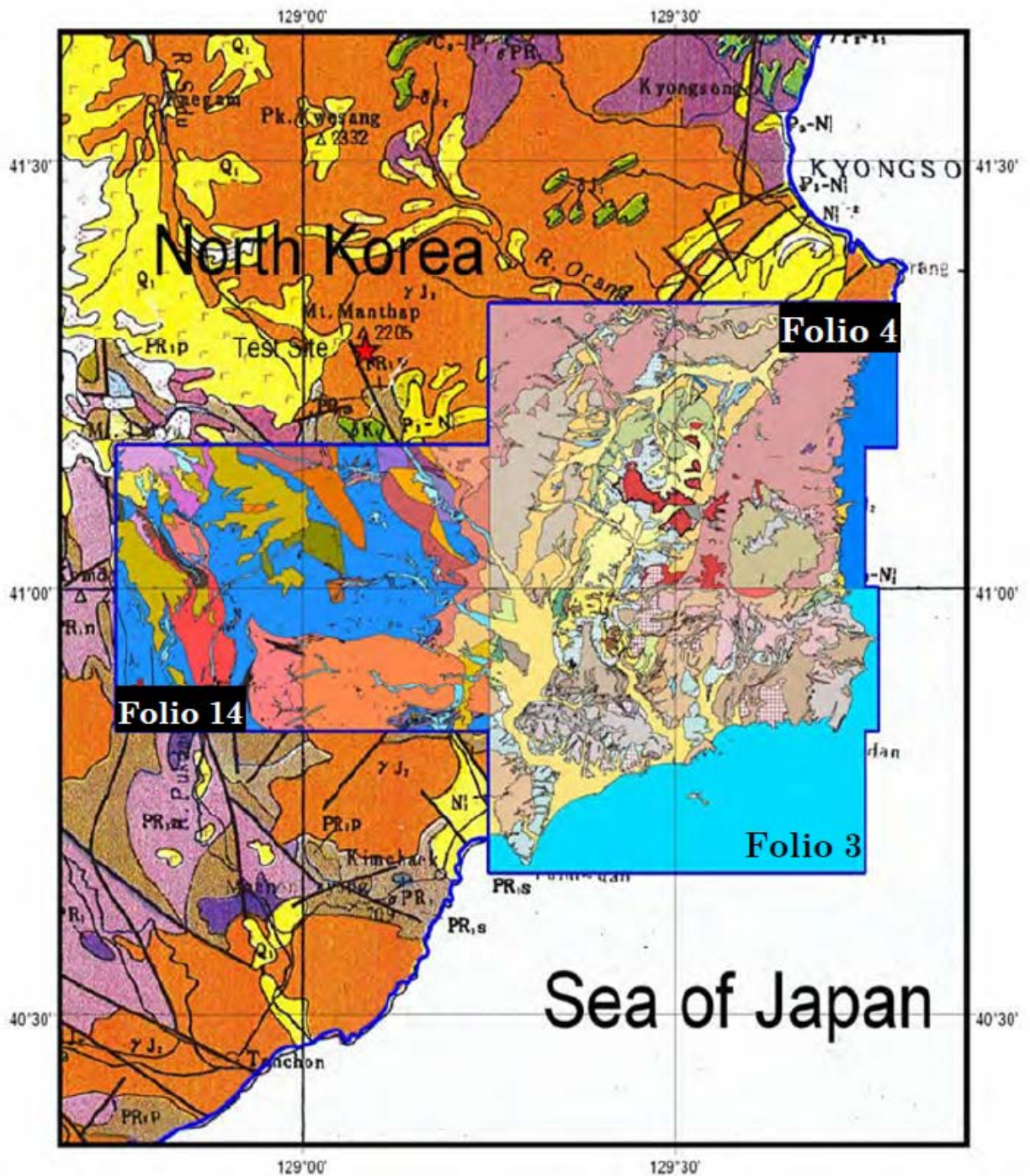


Рисунок А2. Подробности листов 3, 4 и 14 геологических карт в масштабе 1:50 000 из геологического атласа Чосен, наложенные на геологическую карту Кореи масштаба 1:1 000 000 (Центральная геологическая служба минеральных ресурсов, 1994). Полигон ядерных испытаний Пунгери обозначен красной звездой рядом с горой Мантхап; прямо под ним показан разлом в направлении с северо-запада на юго-восток (по Баттлмену и Мацко, Геологическая служба США, 2008 год, стр. 9). На мелкомасштабной (1:1 000 000) северокорейской карте оранжевым цветом обозначается только не дифференцированный "гранит юрского периода".

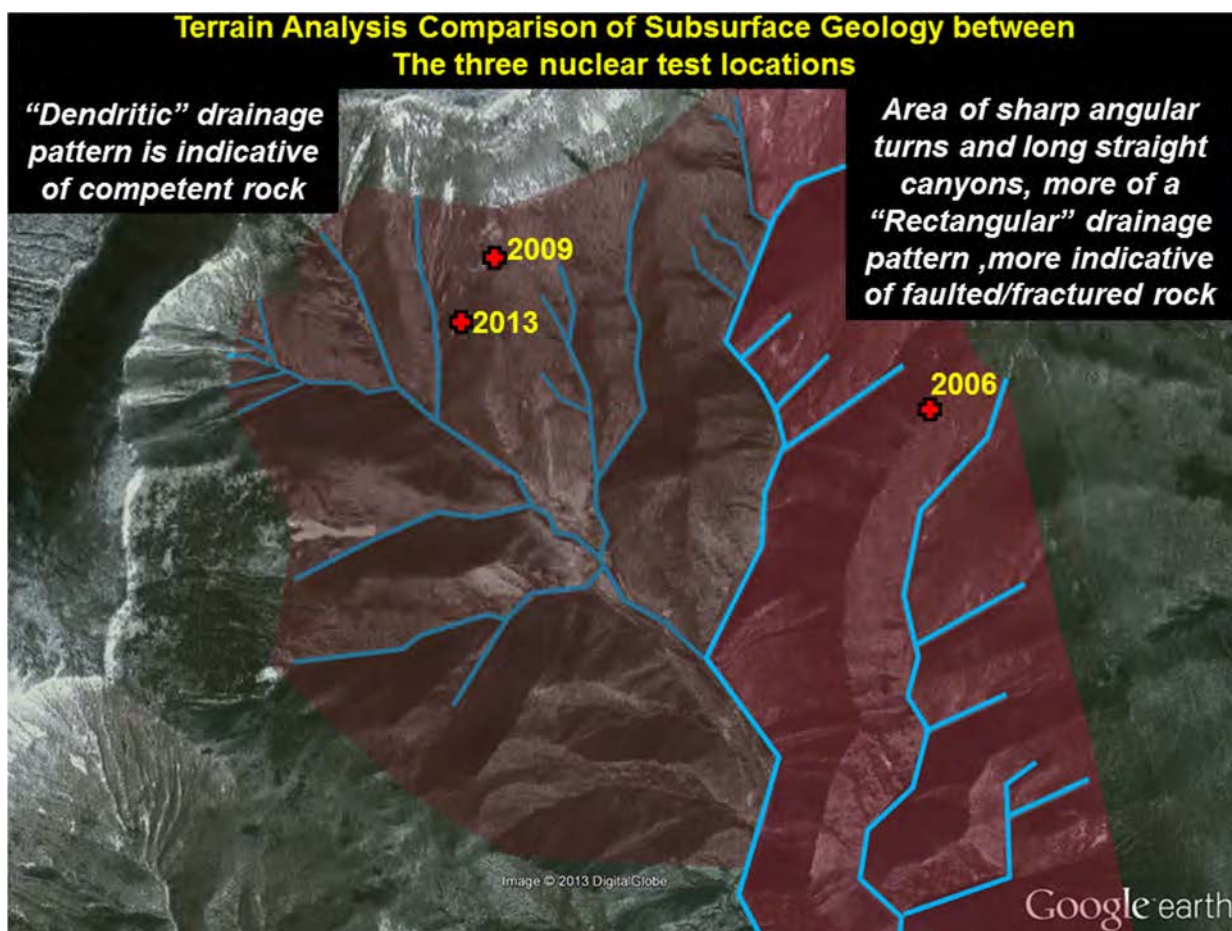


Рисунок А3. Субъективный ручной анализ местности в отношении к открыто идентифицированным местоположениям трех проведенных до сих пор северокорейских подземных ядерных испытаний (отмеченными красными крестами). Узор гидрографической сети позволяет предположить картину дифференцированных потоков, согласующуюся с двумя различными типами скальных пород вдоль литологической границы, полученной и нанесенной на карту Геологической службой США, и разделяющей два типа коренной подстилающей породы, связанной с подземными ядерными испытаниями. Надписи на рисунке (сверху вниз и слева направо): 1 – оценка местности; сравнение подповерхностной геологии для трех местоположений ядерных испытаний; 2 – “древовидный” узор гидрографической сети, указывающий на крепкую твердую породу; 3 – область резких угловых поворотов с длинными прямыми каньонами, более похожих на “прямоугольный” узор гидрографической сети, характерный для трещиноватой и раздробленной породы.



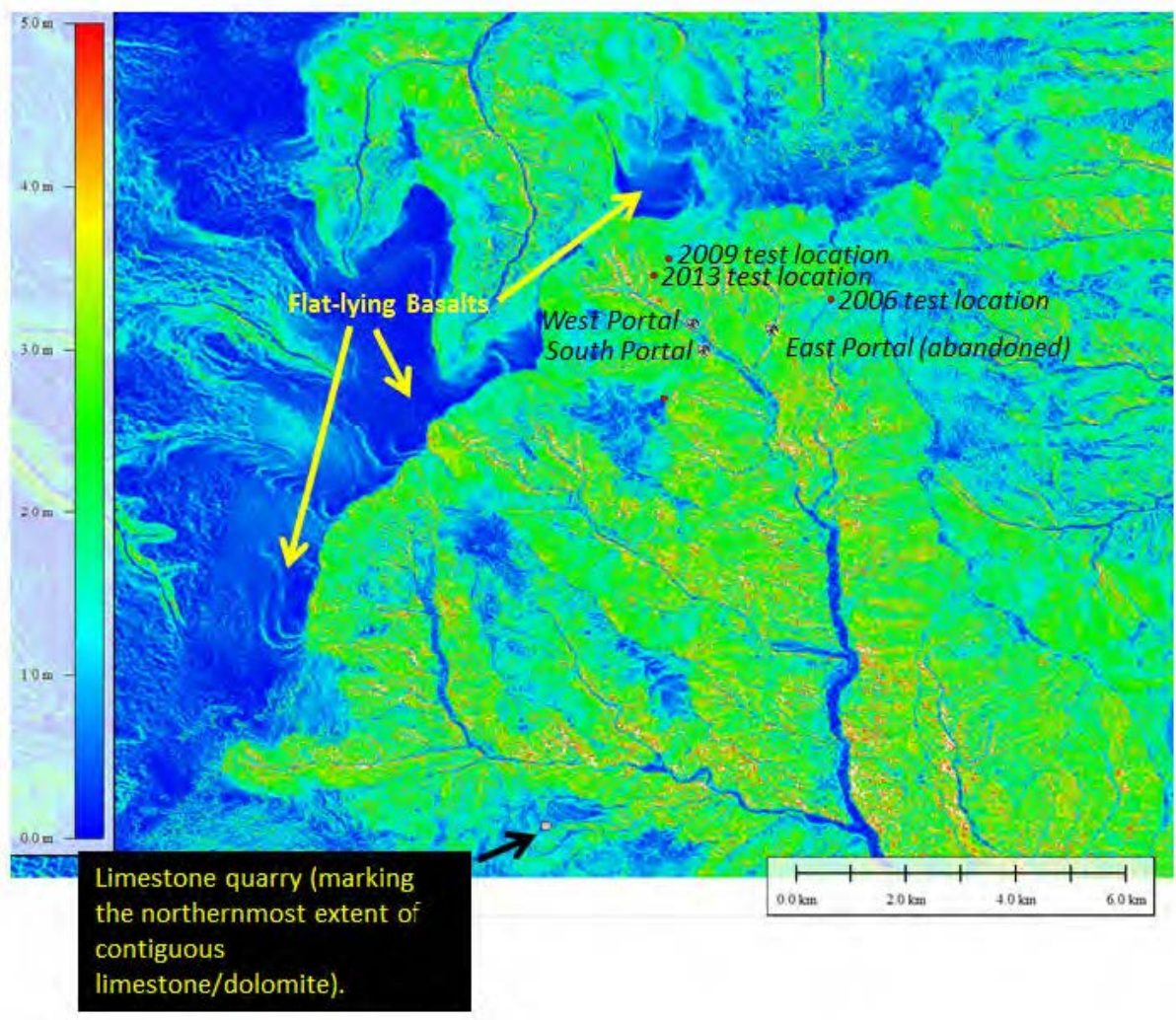


Рисунок А4. Ругозность (топографическая складчатость) полигона ядерных испытаний Пунгери. Ругозность рассчитывается по данным распределения высот и сравнением с алгоритмически определяемыми ближайшими соседями по сетке. Надписи на рисунках (сверху вниз): 1 – местоположение испытания 2009 года; 2 – местоположение испытания 2013 года; 3 – местоположение испытания 2006 года; 4 – плоско залегающие базальты; 5 – западный портал; 6 – восточный портал (зброшен); 7 – южный портал; 8 – известняковый карьер (отмечающий положение северного края смежного известняка или доломита).

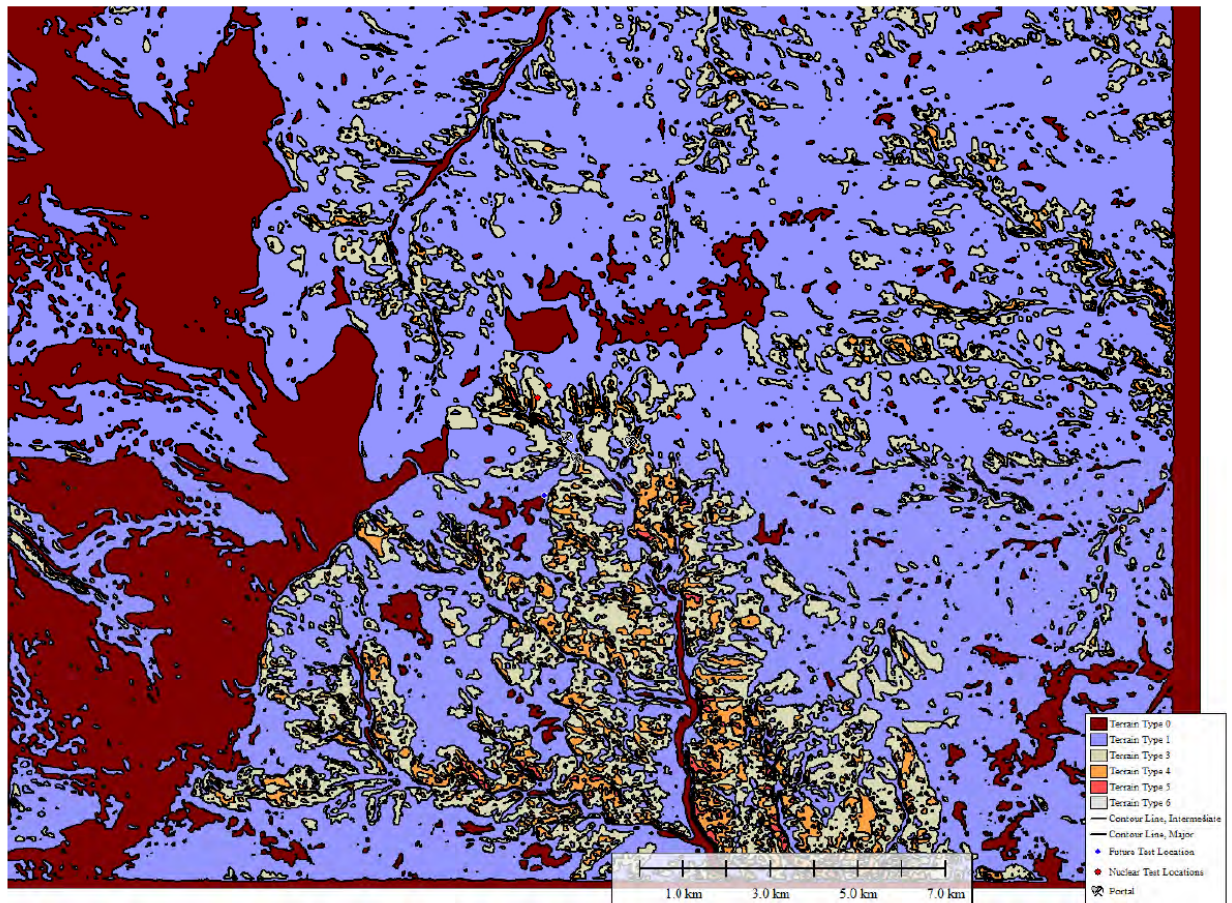


Рисунок А5. Полное картирование местности для полигона ядерных испытаний Пунгери, основанное на семи характеристиках местности. Отметим, что порталы (и соответствующие туннели под поверхностью) расположены в сложной обстановке местности. Методология характеристики описана в работе Кобленца и др. 2014 года. Надписи на легенде (сверху вниз): 1 – местность типа 1; 2 – местность типа 2; 3 – местность типа 3; 4 – местность типа 4; 5 – местность типа 5; 6 – местность типа 6; 7 – контурные линии, промежуточные; 8 – контурные линии, основные; 9 – местоположения будущих испытаний; 10 – местоположения ядерных испытаний; 11 – портал.



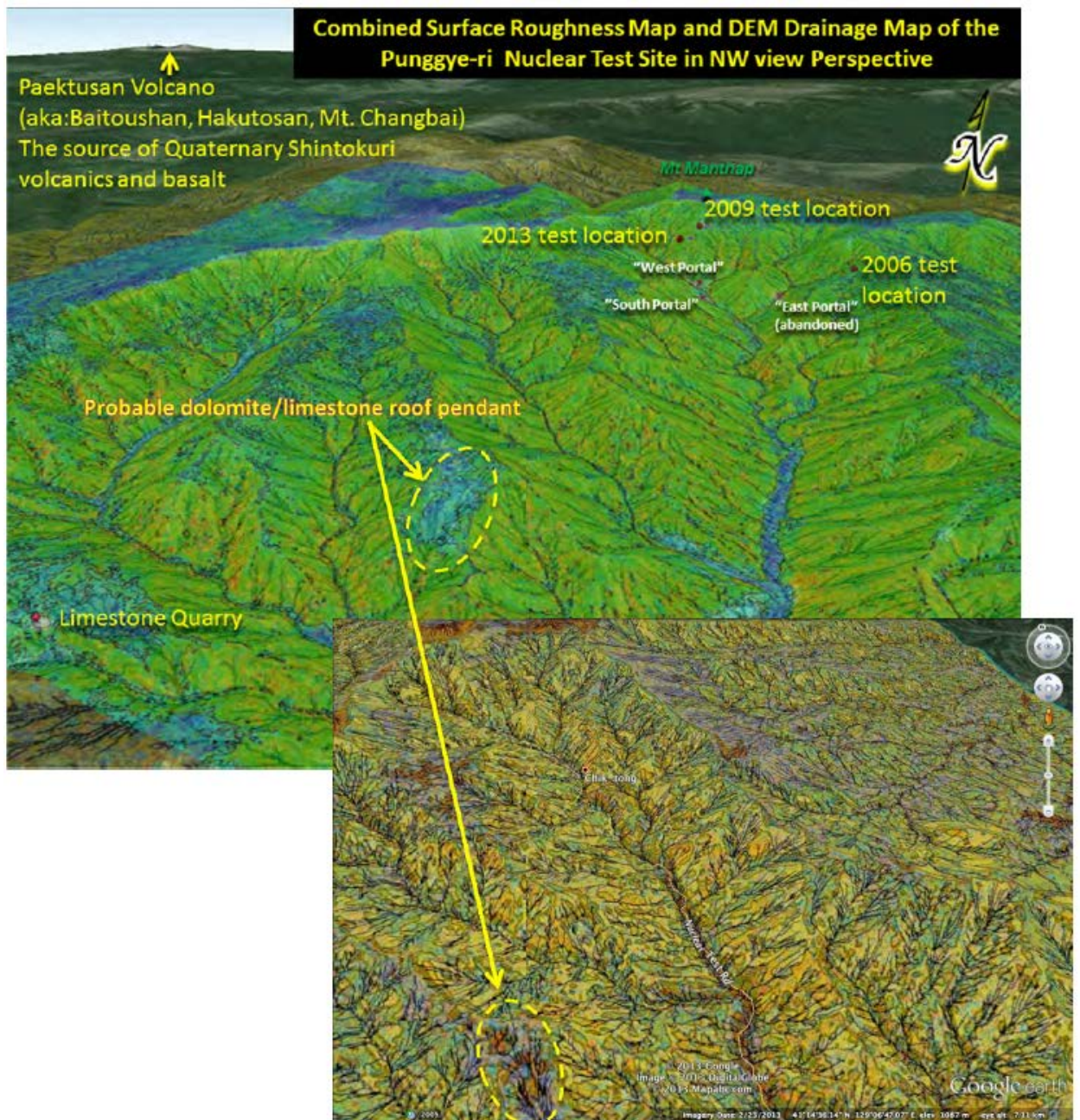


Рисунок А6. Комбинированная карта ружности (поверхностной складчатости) и гидрографическая карта полигона ядерных испытаний Пунгери. Вверху: Определенная гидрографическая сеть потоков показана в перспективе на Google Earth. Возможный нависающий пласт из доломита и (или) известняка расположен снизу слева в центре этого комбинированного изображения. Надписи на верхней части рисунка (сверху вниз): 1 – комбинированная карта поверхностной складчатости и гидрографическая карта по цифровой модели высот полигона ядерных испытаний Пунгери в перспективе с видом с северо-запада; 2 – вулкан Пэктусан (известного также как Байтоушан, Хакутосан или гора Чангбай), источник вулканических пород и базальта Шинтокури четвертичного периода; 3 – гора Мантхап; 4 – местоположение испытания 2009 года; 5 – местоположение испытания 2013 года; 6 – местоположение испытания 2006 года; 7 – западный портал; 8 – восточный портал (зброшен); 9 – южный портал; 10 – возможный нависающий пласт из доломита и (или) известняка; 11 – известняковый карьер. Внизу: типы местности, наложенные на гидрографическую карту, снова показывающие уникальные связанные качества, предполагающие наличие нависающего пласта из доломита и (или) известняка внутри желтого овала.

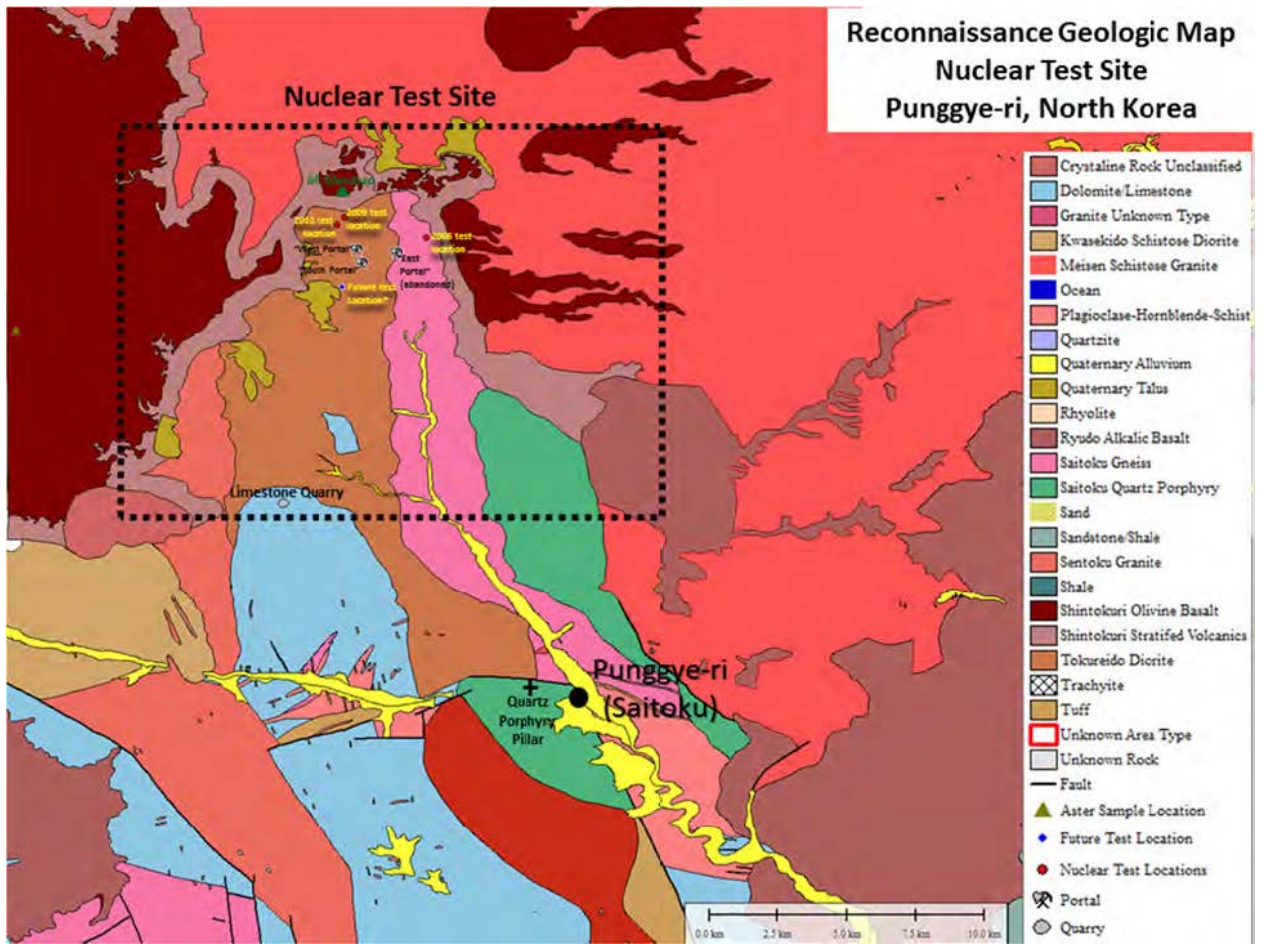


Рисунок А7. Определенная региональная геологическая карта полигона ядерных испытаний Пунгери. Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – рекогносцировочная геологическая карта полигона ядерных испытаний Пунгери, Северная Корея; 2 – полигон ядерных испытаний; 3 – гора Мантхап; 4 – местоположение испытания 2009 года; 5 – местоположение испытания 2013 года; 6 – местоположение испытания 2006 года; 7 – западный портал; 8 – восточный портал (заброшен); 9 – южный портал; 10 – местоположение будущих испытаний; 11 – известняковый карьер; 12 – Пунгери (Сайтоку); 13 – кварцевый порфировый столб. Надписи на легенде (сверху вниз): 1 – неклассифицированная кристаллическая порода; 2 – доломитовый известняк; 3 – гранит неизвестного типа; 4 – сланцеватый диорит Квасекидо; 5 – сланцеватый гранит Мейсен; 6 – океан; 7 – плагиоклаз-роговая обманка-сланец; 8 – кварцит; 9 – аллювий четвертичного периода; 10 – осыпь четвертичного периода; 11 – риолит; 12 – щелочной базальт Рюдо; 13 – гнейс Сайтоку; 14 – кварцевый порфир Сайтоку; 15 – песок; 16 – песчанниковый глинистый сланец; 16 – гранит Сентоку; 17 – глинистый сланец; 18 – оливиновый базальт Шинтокури; 19 – стратифицированные вулканические породы Шинтокури; 20 – диорит Токурейдо; 21 – трахит; 22 – туф; 23 – площадка неизвестного типа; 24 – неизвестная горная порода; 25 – разлом; 26 – местоположение образца "Aster"; 27 – местоположения будущих испытаний; 28 – местоположения ядерных испытаний; 29 – портал; 30 – карьер.



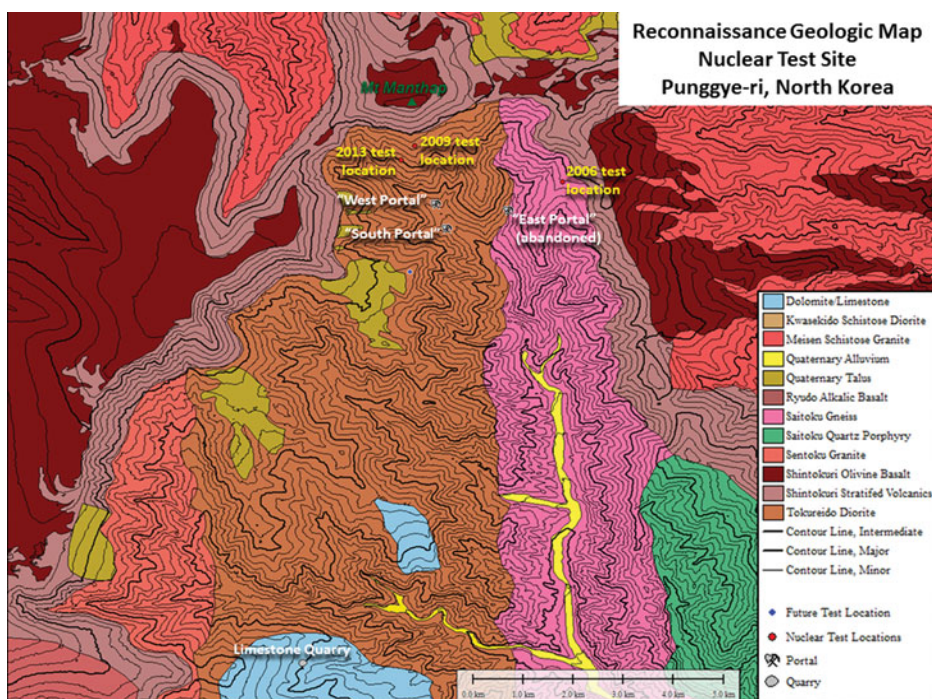


Рисунок А8. Определенная локальная крупномасштабная геологическая карта полигона ядерных испытаний Пунгери. Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – рекогносцировочная геологическая карта полигона ядерных испытаний Пунгери, Северная Корея; 2 – гора Мантхап; 3 – местоположение испытания 2009 года; 4 – местоположение испытания 2013 года; 5 – местоположение испытания 2006 года; 6 – западный портал; 7 – восточный портал (заброшен); 8 – южный портал; 9 – известняковый карьер. Надписи на легенде (сверху вниз): 1 – доломитовый известняк; 2 – сланцеватый диорит Квасекидо; 3 – сланцеватый гранит Мейсен; 4 – аллювий четвертичного периода; 5 – осыпь четвертичного периода; 6 – щелочной базальт Рюдо; 7 – гнейс Сайтоку; 8 – кварцевый порфир Сайтоку; 9 – гранит Сайтоку; 10 – оливинный базальт Шинтокури; 11 – стратифицированные вулканические породы Шинтокури; 12 – диорит Токурейдо; 13 – контурная линия, промежуточная; 14 – контурная линия, крупная; 15 – контурная линия, мелкая; 16 – местоположения будущих испытаний; 17 – местоположения ядерных испытаний; 18 – портал; 19 – карьер.

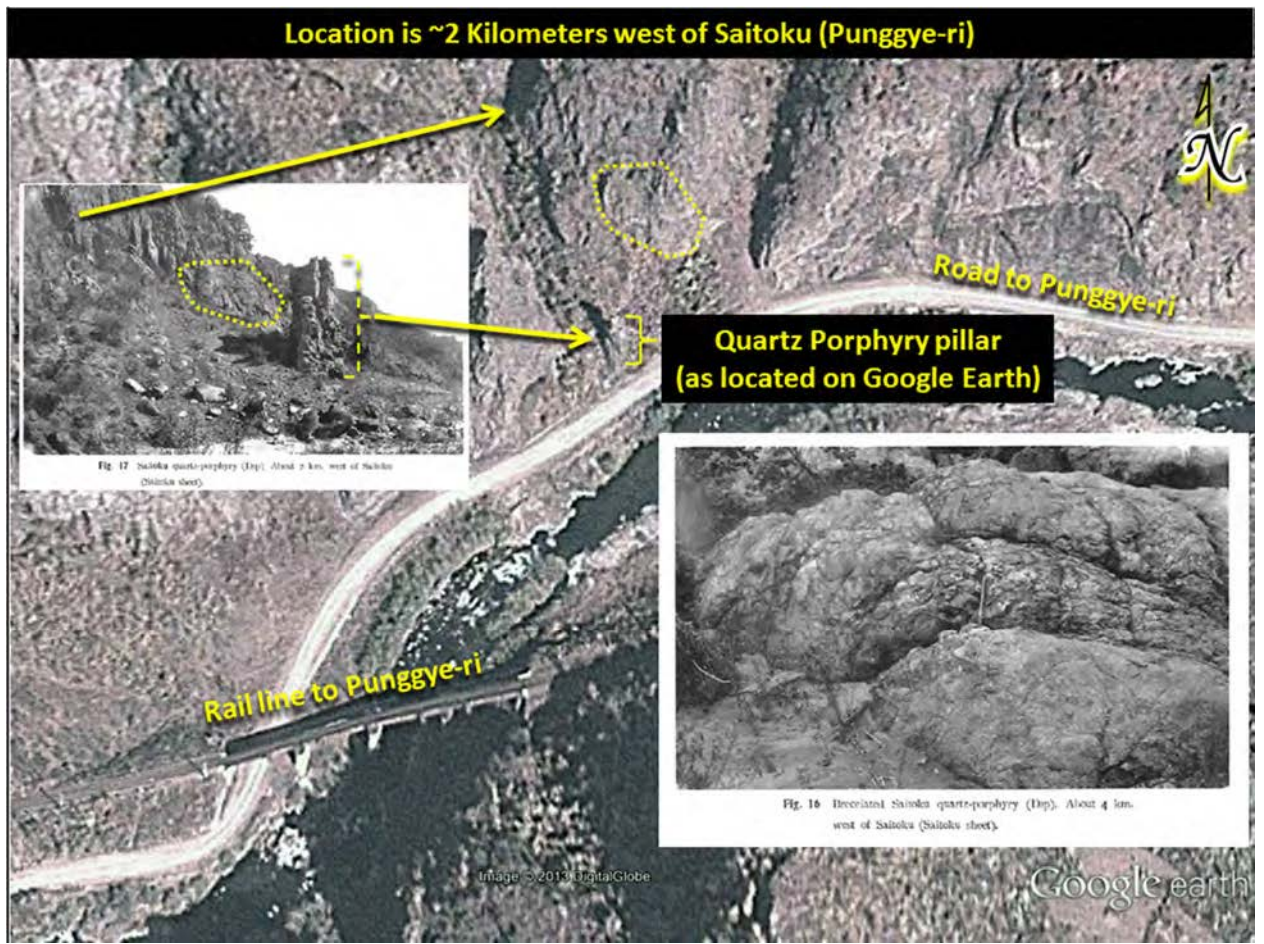


Рисунок А9. Наземные фотографии сильно разрушенного столба из кварцевого порфира Сайтоку мелового или юрского периода, снятые примерно в 1932 году. Учитывая информацию о местоположении скального столба на японском листе #4 (в двух километрах к западу от Сайтоку (теперь Пунгери)), можно локализовать обнажение скального столба на картах Google Earth. Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – местоположение примерно в двух километрах к западу от Сайтоку (теперь Пунгери); 2 – дорога к Пунгери; 3 – столб из кварцевого порфира (как располагается на картах Google Earth); 4 – Рис. 17. Кварцевый порфир Сайтоку примерно в двух километрах к западу от Сайтоку (лист Сайтоку); 5 – железная дорога к Пунгери; 6 – Рис. 16. Брекчиевидный кварцевый порфир Сайтоку примерно в четырех километрах к западу от Сайтоку (лист Сайтоку).



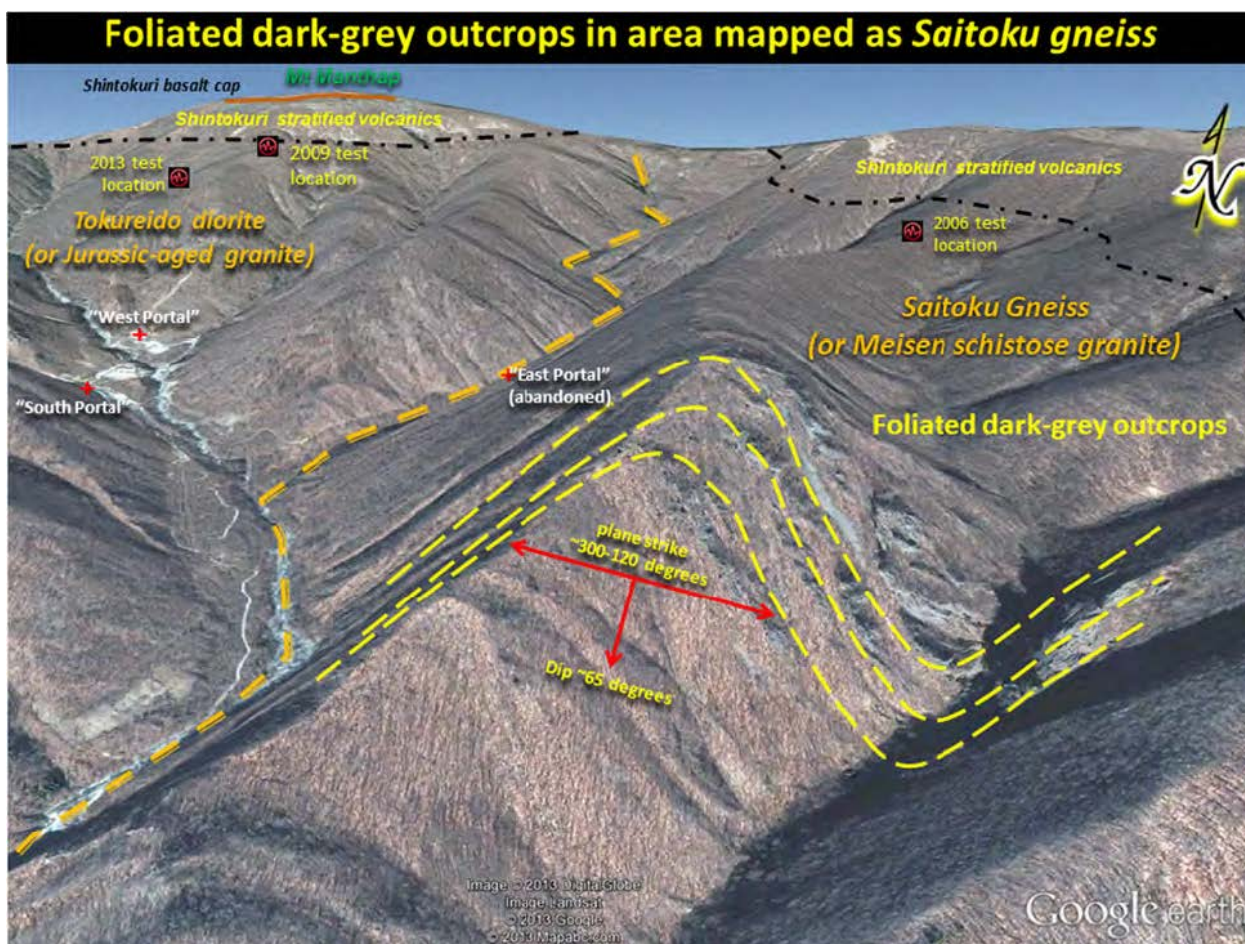


Рисунок А10. Наложение изображений слоистого строения с карт Google Earth вблизи полигона ядерных испытаний Пунгери. Сильно расслоенные (и, вероятно, сильно раздробленные) обнажения вдоль горного хребта, связанные с местоположением первого подземного испытания Северной Кореи в 2006 году, показаны в трехмерной перспективе, с видом на север в сторону горы Мантхап по картам Google Earth. Как наше картирование, так и картирование Геологической службы США предварительно отождествляют эту картину с гнейсами Сайтоку. Однако, имеются серьезные основания для ее отождествления со сланцеватыми гранитами Мейсен "неизвестного возраста" (вероятно, юрского периода; смотрите обсуждение в тексте). Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – расслоенные темно-серые обнажения в области, отождествляемой с гнейсами Сайтоку; 2 – гора Мантхап; 3 – базальтовый поверхностный пласт Шинтокури; 4 – стратифицированные вулканические породы Шинтокури; 5 – местоположение испытания 2009 года; 6 – стратифицированные вулканические породы Шинтокури; 7 – местоположение испытания 2013 года; 8 – местоположение испытания 2006 года; 9 – диорит Токурейдо (или гранит юрского периода); 10 – западный портал; 11 – гнейс Сайтоку (или сланцеватый гранит Мейсен); 12 – восточный портал (заброшен); 13 – южный портал; 14 – расслоенные темно-серые обнажения; 15 – направление плоскости (300 – 120 градусов); 16 – проникновение (65 градусов).

## Similarities with Saitoku quartz-porphyry?

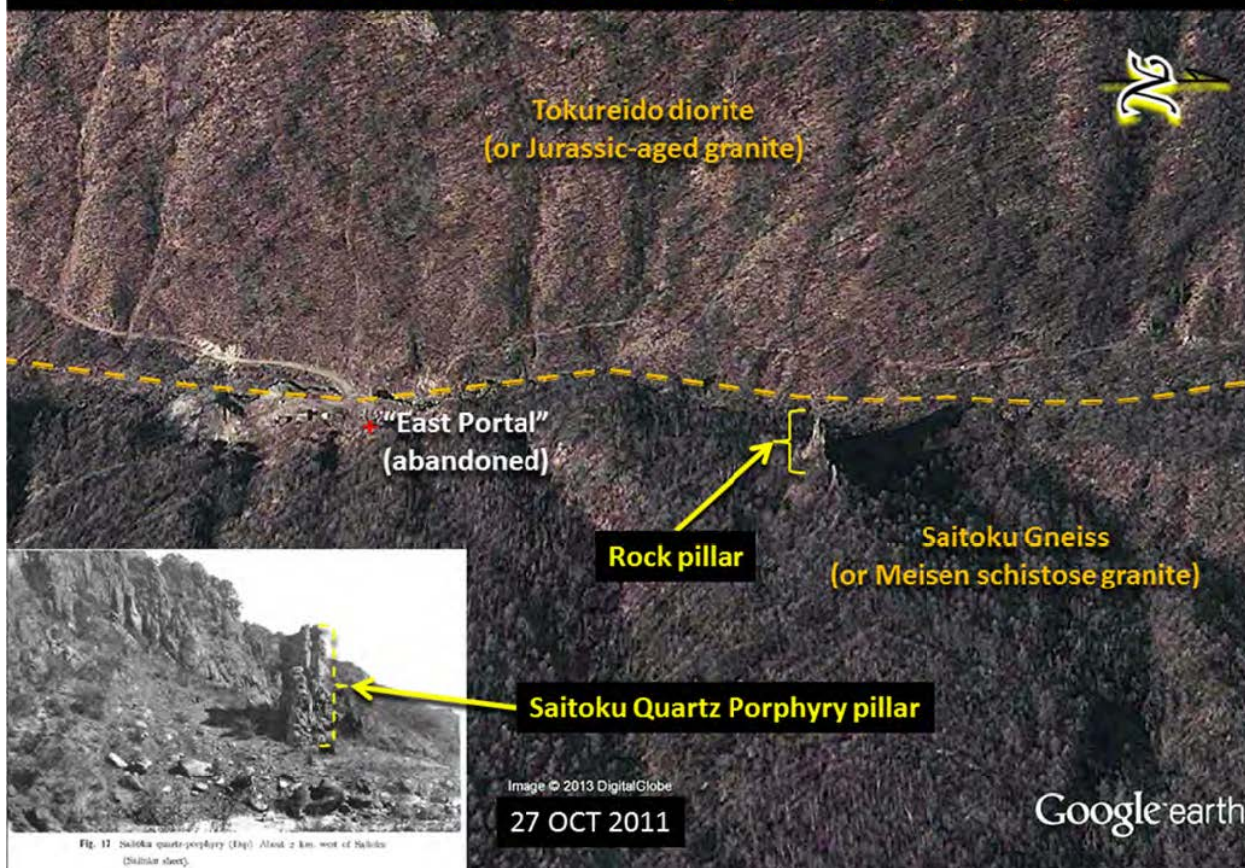


Рисунок А11. Изображение скального столба на картах Google Earth в сравнении с фотографией на вставке, снятой примерно в 1932 году к западу от деревни Пунгери. –Этот портал ассоциируется с первым подземным испытанием Северной Кореи в 2006 году. Штриховая линия отмечает выявленную литологическую границу. Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – аналогии с кварцевым порфиром Сайтоку?; 2 – диорит Токурейдо (или гранит юрского периода); 3 – восточный портал (заброшен); 4 – скальный столб; 5 – гнейс Сайтоку (или сланцеватый гранит Мейсен); 6 – кварцево-порфировый столб Сайтоку; 7 – Рис. 17. Кварцевый порфир Сайтоку примерно в двух километрах к западу от Сайтоку (лист Сайтоку).



## Differential Coloration and Erosion Suggest Different Underlying Lithologies

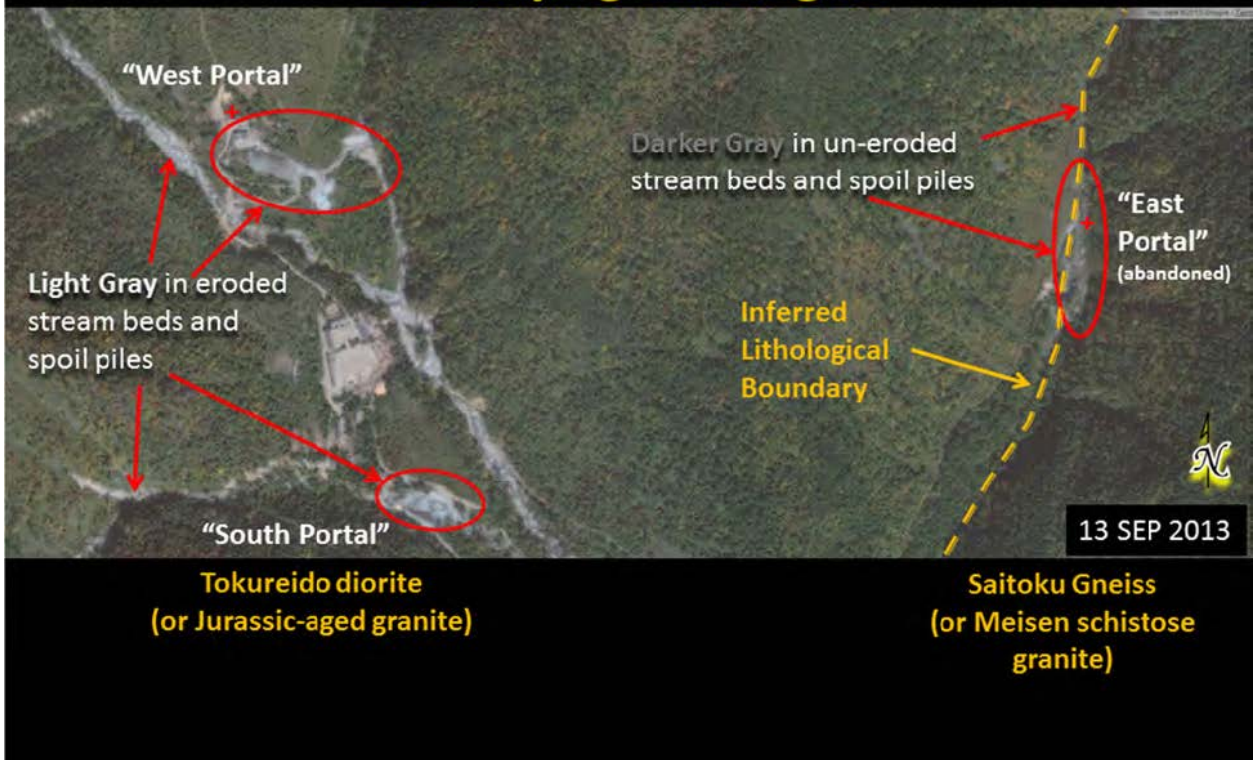


Рисунок А12. Дифференциальная окраска вынутаго грунта в расположении туннелей на полигоне ядерных испытаний Пунгери. Вариации окраски и дифференциальная эрозия по разные стороны литологической границы предоставляют дополнительное свидетельство различия в коренных подлежащих породах. Надписи на рисунке (сверху вниз): 1 – дифференциальная окраска и эрозия позволяют предположить различные литологии подлежащих пород; 2 – западный портал; 3 – темно-серый цвет не эродированных русел ручьев и холмов вынутаго грунта; 4 – восточный портал (заброшен); 5 – светло-серый цвет эродированных русел ручьев и холмов вынутаго грунта; 6 – выявленная литологическая граница; 7 – южный портал; 8 – диорит Токурейдо (или гранит юрского периода); 9 – гнейс Сайтоку (или сланцеватый гранит Мейсен).