

ОБЪЁМНАЯ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ
ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА В РАЙОНЕ
НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОЙ ТЕМОАНОМАЛИИ

Нуждаев И.А.¹, Феофилактов С.О.¹, Нуждаев А.А.²

¹*Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

²*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Научный руководитель: д.г.-м.н. Рычагов С.Н.

На Нижне-Кошелёвской термоаномалии в период с 2007 по 2009 г.г. авторами проведён комплекс работ. В начале построена основа топографического плана, включающая местоположение объектов внутри геоморфологической структуры ручья Гремучего. На втором этапе была закончена визуализация топографического плана. Затем произведена оцифровка топографического плана и создана объёмная 3D модель.

Ключевые слова: топографический план, 3D модель, геотермия, вулканический массив, Нижне-Кошелёвская термоаномалия.

Паужетско-Камбально-Кошелёвский геотермальный район расположен на юге Камчатки. Охватывает территорию от Берегового хребта на востоке до побережья Охотского моря на западе и от бассейна р. Голыгиной на севере до депрессии р. Камбальной на юге. Фундаментом района служит миоцен-плиоценовая толща андезитовых лав с прослоями туфов и туфобрекчий, перекрывающая вулканогенно-осадочные отложения среднего миоцена. Породы фундамента включают в себя золотополиметаллические рудопроявления, что, в целом, типично для Камчатки. В районе расположены действующие вулканы Желтовский, Ильинский, Камбальный и Кошелёвский (рис. 1).

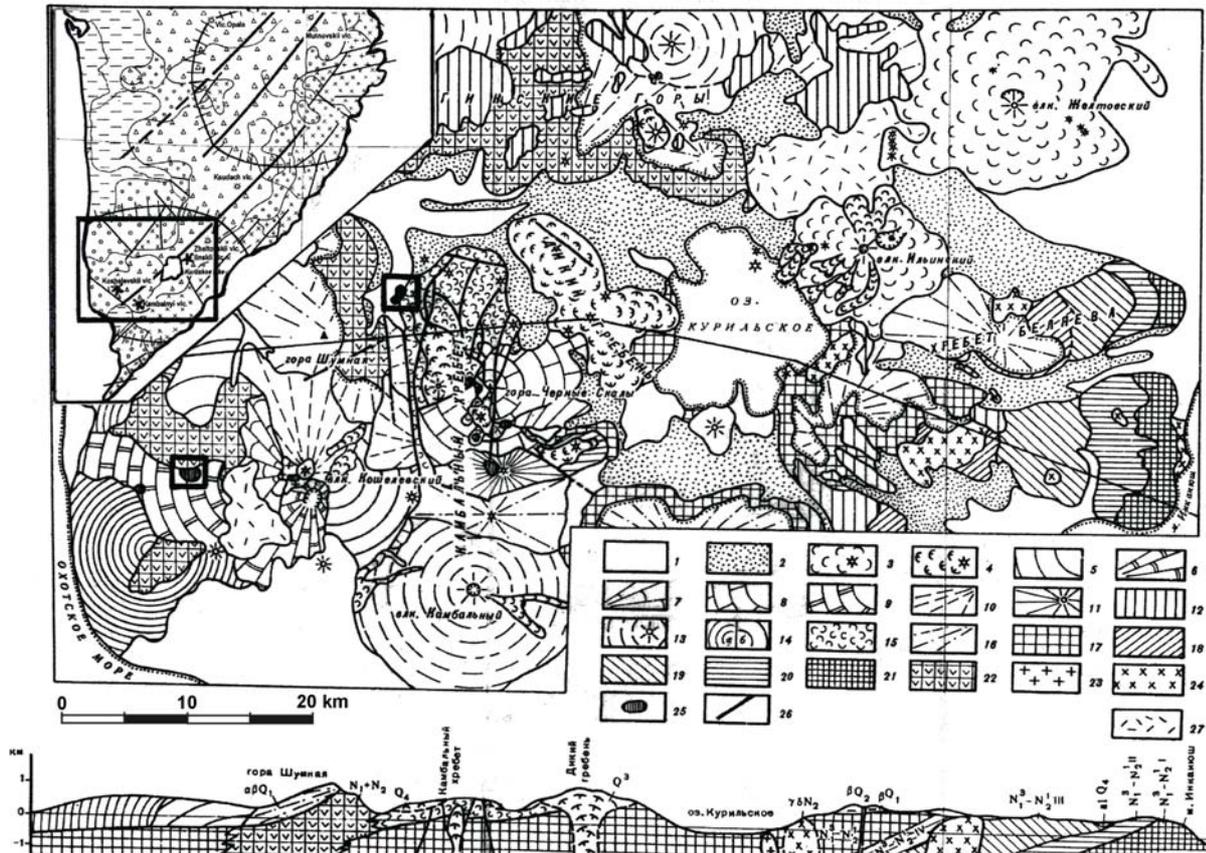


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Паужетского геотермального района (по В.И. Белоусову, 1978, с изменениями).

1 - Q_4 - голоцен-аллювиальные, пролювиальные и ледниковые отложения; 2 - Q_4 - голоцен, пемзо-пирокластические отложения; 3 - Q_4 - голоцен, базальты, андезито-базальты действующих вулканов; 4 - Q_3 - Q_4 - верхний плейстоцен-голоцен, дацитовые риолитовые экструзивные купола и их лавовые потоки; 5 - Q_3 - Q_4 - верхний плейстоцен-голоцен, андезиты Восточно-Кошелёвского вулкана; 6 - Q_3 - Q_4 - верхний плейстоцен-голоцен, андезито-базальты Центрально-Кошелёвского вулкана; 7 - Q_3 - верхний плейстоцен, андезиты вулкана Валентин; 8 - Q_3 - верхний плейстоцен, андезито-базальты вулкана Черные Скалы; 9 - Q_2 - Q_3 - средний, верхний плейстоцен, андезиты Западно-Кошелёвского вулкана; 10 - Q_2 - средний плейстоцен, базальты Древне-Кошелёвского вулкана; 11 - Q_2 - средний плейстоцен, андезито-базальты Камбального хребта; 12 - Q_2 - средний плейстоцен, игнимбриты и спекшиесе туфы риодацитов и риолитов (голыгинский горизонт); 13 - Q_1 + Q_2 - нижний, средний плейстоцен, базальты и андезито-базальты; 14 - Q_1 - нижний плейстоцен. Лавы и туфы базальтов (а) и андезито-базальтов (б); 15 - N_2^3 + Q_2 - верхний плиоцен-средний плейстоцен, туфы дацитов (паужетская свита); 16 - N_2^3 + Q_1 - верхний плиоцен-нижний плейстоцен. Наземные лаво-туфовые отложения древних вулканов (алнейский комплекс); 17 - 21 - N_1^3 - N_2^1 - верхний миоцен - нижний плиоцен. Морские осадочно-вулканогенные отложения (вилючинско-паратунский комплекс): V - пачка преимущественно конгломератов и песчаников, реже туфообрекчий и лав базальтов; IV - пачка туфов и лав базальтов, туфо-конгломератов; III - пачка туфообрекчий и туфоконгломератов; II - пачка грубообломочных туфов и лав базальтов; I - пачка песчаников, конгломератов, реже туфов; 22 - N_1 + N_2 - нерасчлененные, преимущественно вулканогенные, отложения; 23 - субвулканическая интрузия долеритов Кошелёвского вулканического массива; 24 - N_2 - плиоцен, субвулканические интрузии диоритов и диоритовых порфиритов; 25 - зоны современных гидротерм и гидротермально-измененных пород; 26 - разрывные нарушения 27 - плейстоцен-голоцен, рыхлые отложения различного генезиса.

Кошелевский вулканический массив состоит из нескольких разрушенных в различной степени вулканов, экструзивных куполов и отпрепарированных эрозией субвулканических тел. Наиболее крупными элементами массива являются вулканы Древний (βQ_{II}), Западный (αQ_{III}), Валентин (αQ^2_{III}), Центральный ($\alpha\beta Q_{III-IV}$), Восточный (βQ_{III-IV}), Активный кратер (βQ_{IV}) (рис.2).

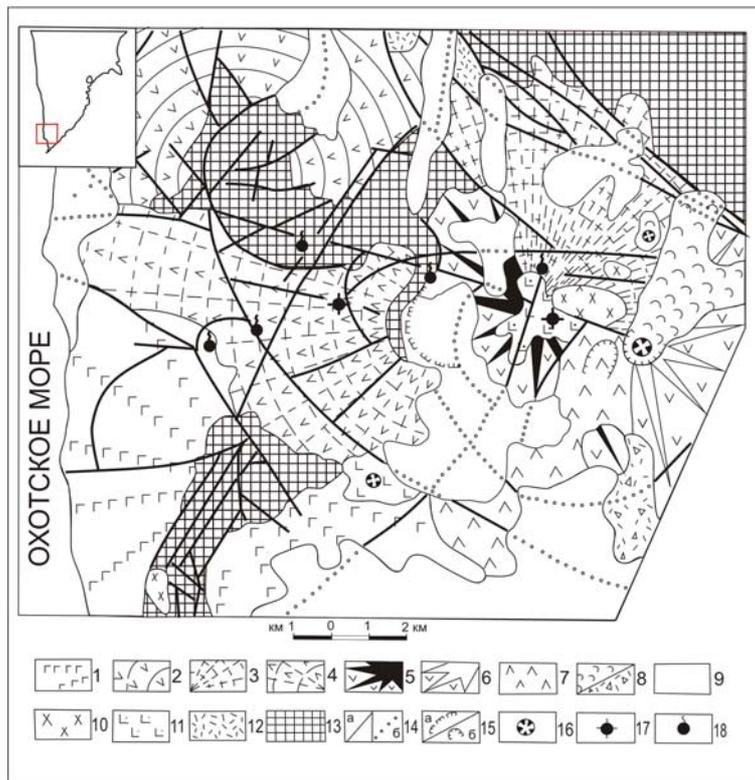


Рис.2. Схематическая карта геологического строения и термопроявлений Кошелевского вулканического массива. Опубликовано в работе [2], составили Сержников А.И., Спиченков М.В., Декусар З.Д.; в обработке Нуждаева А.А. 1, 2 – эффузивные и пирокластические образования нижнечетвертичных вулканов: 1 – вулкан Дед и Баба ($\alpha\beta Q_I$); 2 – вулкан Третья Речка ($\alpha\beta Q_{II}$); 3-8 – эффузивные и пирокластические образования Кошелевского вулканического массива: 3 – вулкан Древний (αQ_{II}); 4 – вулкан Западный (αQ^1_{III}); 5 – вулкан 1545 (Валентин) (αQ^2_{III}); 6 – вулкан Восточный (βQ_{III-IV}); 7 – вулкан Центральный ($\alpha\beta Q_{III-IV}$); 8 – образования Активного кратера: а) лавовые потоки (βQ_{IV}), б) отложения направленного взрыва (Q_{IV}); 9 – рыхлые отложения различного генезиса ($Q_{II-Q_{IV}}$); 10 – экструзии голоценового возраста: а) андезито-дацитов и дацитов ($\alpha\gamma Q_{IV}$), б) базальтов (βQ_{IV}); 12 – субвулканические интрузии долеритов (βQ_{III-IV}); 13 – дочетвертичные эффузивы (αN_1-N_2); 14 – разрывные нарушения: а) прослеженные и расшифрованные по аэрофотоснимкам, б) под рыхлыми отложениями; 15 – а) кальдеры; б) эродированные кратеры и воронки взрывов; 16 – кратеры эффузивных и шлаковых конусов; 17 – термальные поля (парогидротерм); 18 – термальные источники.

Вулкан Древний имеет классическое строение. Вблизи его центральной части лавовые потоки залегают с большим наклоном, а на периферии склоны напоминают эффузивные плато. Вулкан сложен базальтовыми и андезитовыми лавами и лавобрекчиями, перекрывающимися агглютинатами и шлаками, которые вновь сменяет преимущественно эффузивная пачка пород (лавы базальтов и андезито-базальтов с линзами пирокластике).

Западный вулкан отличается по строению от остальных. Он сложен почти горизонтальными потоками лав. Пологий конус вулкана состоит из лав андезитов и андезито-дацитов, а плато в его более древней западной части из пород базальтового и андезито-базальтового состава. Вулкан Валентин наложен на центральные части Древнего вулкана. В его сильно эродированном конусе переслаиваются эффузивные и пирокластические образования, состав изменяется от андезито-дацитового до базальтового. Вулкан Центральный асимметричен. На месте его кратера и южных склонов образовалась большая эрозионная котловина, в бортах которой хорошо видны прослои андезито-базальтовых лав, лавобрекчий, туфобрекчий, слагающих вулкан. Вулкан Восточный синхронен с Центральным, но сложен вулканитами более кислого состава, и его деятельность угасла несколько позже.

В результате эксплозивного извержения вблизи вершины Восточного вулкана возник Активный кратер. Сохранилась его южная стенка. После взрыва кратер стал центром современного излияния лав оливиновых базальтов, потоки которых спустились на три километра на север. В нем возник конус глыбовой лавы, являющийся основной вершиной Кошелевского массива. С Активным кратером связаны и отложения направленного взрыва на юго-восточном склоне. Вся средняя часть Кошелевского массива образована экструзиями андезито-дацитов голоценового возраста и субвулканическими интрузиями долеритов. Они слагают центральные части вулканов Валентина, Древнего и Центрального. На субвулканических образо-

ваниях кратерной зоны вулкана Валентин располагается Верхне-Кошелевская термоаномалия.

Одной из главных особенностей тектоники района является интенсивное дробление на границах крупных вулканических построек, в результате которого Кошелевский массив и нижнечетвертичные вулканы стали блоками, обособленными друг от друга и от сопредельных структур. «Внутриструктурная» тектоника каждого блока имеет свои особенности. Так, в нижнечетвертичных эродированных массивах тектонические трещины развиты главным образом в центральных частях вулканов, где обнажены наиболее древние отложения, а периферийные части, сложенные более молодыми вулканитами, раздроблены значительно меньше.

Нижне-Кошелевская термоаномалия находится в сложной геоморфологической структуре, термопроявления располагаются на дне и на северном пологом склоне оврага, протянувшегося в широтном направлении. Наиболее характерной формой термопроявлений являются большие кипящие водоемы и более мелкие кипящие воронки, грязевые котлы. На возвышенных участках располагаются струи пара, в том числе и достаточно мощные. В восточной части поля имеются горячие источники и теплое озеро Банное.

В последние годы лабораторией геотермии Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН проводятся работы по изучению температурного поля, состава газа, состава формирующихся термальных вод, солевых отложений, гидротермальных глин и др. на площади Нижне-Кошелевской термоаномалии. С этой целью лабораторией геотермии была составлена схематическая зарисовка термоаномалии, опубликованная ранее (рис.3).

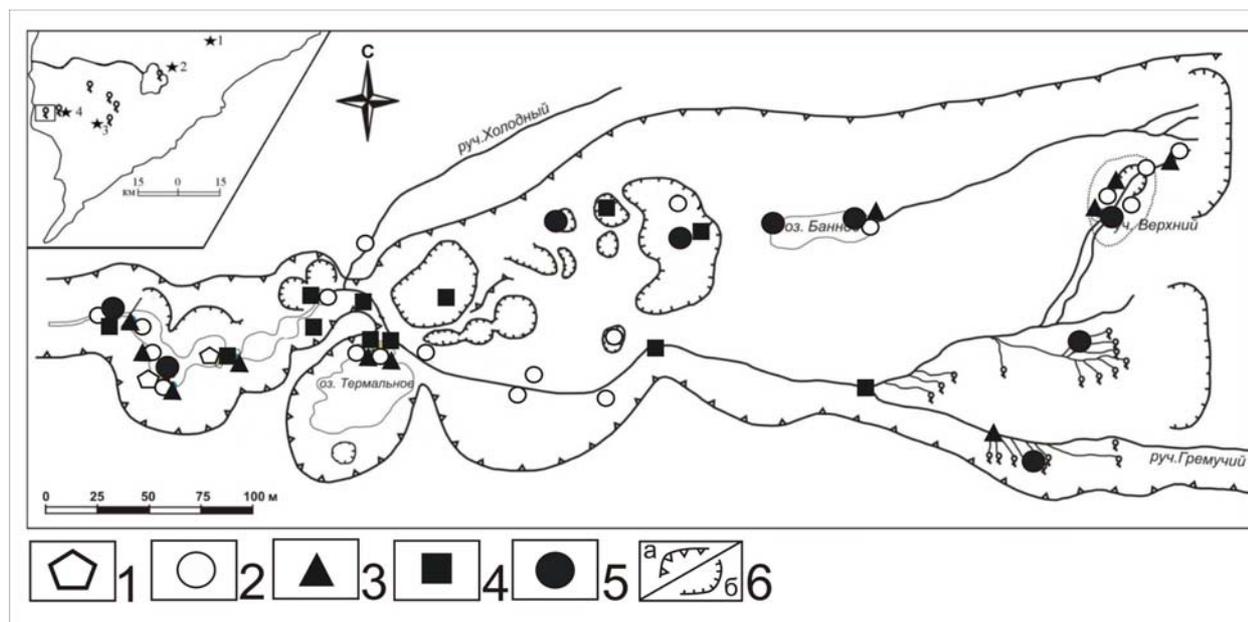


Рис. 3. Схема Нижне-Кошелевской термоаномалии [3]: 1-5 точки отбора проб гидрогеохимического опробования в разные годы: 1 – 2008 г.; 2 – 2007 г.; 3 – 2006 г.; 4 – 2005 г.; 5 – 1966-67 г.[2]; 6 – а) границы оврага, осыпи; б) эрозионные воронки.

Схема является глазомерной, следовательно, не точной и перед авторами была поставлена задача построения топографического плана Нижне-Кошелевской термоаномалии в масштабе 1:1000. В 2007 г. были начаты работы, построена основа плана, где были привязаны все озера, котлы, водотоки, находившиеся в пределах геоморфологической структуры. Далее в 2008 году топографический план был расширен и нанесены объекты, расположенные за пределами геоморфологической структуры ручья, такие как скважины, буровая вышка, дорога. Работы велись теодолитом ТНЕО-020В производство Carl Zeiss (Германия). На участке работ было установлено 24 опорные точки. В результате теодолитного хода были измерены горизонтальные и вертикальные углы, определены расстояния между реперами, вычислены превышения между опорными точками. В результате тахеометрической съёмки на поле было отснято более 500 точек. Вычислительные работы проводились вручную. В начале был построен аналоговый (в карандаше) вариант топографического плана, далее была произведена его оцифровка (рис. 4). Все работы велись под методическим руководством кандидата технических наук М.А. Магуськина.

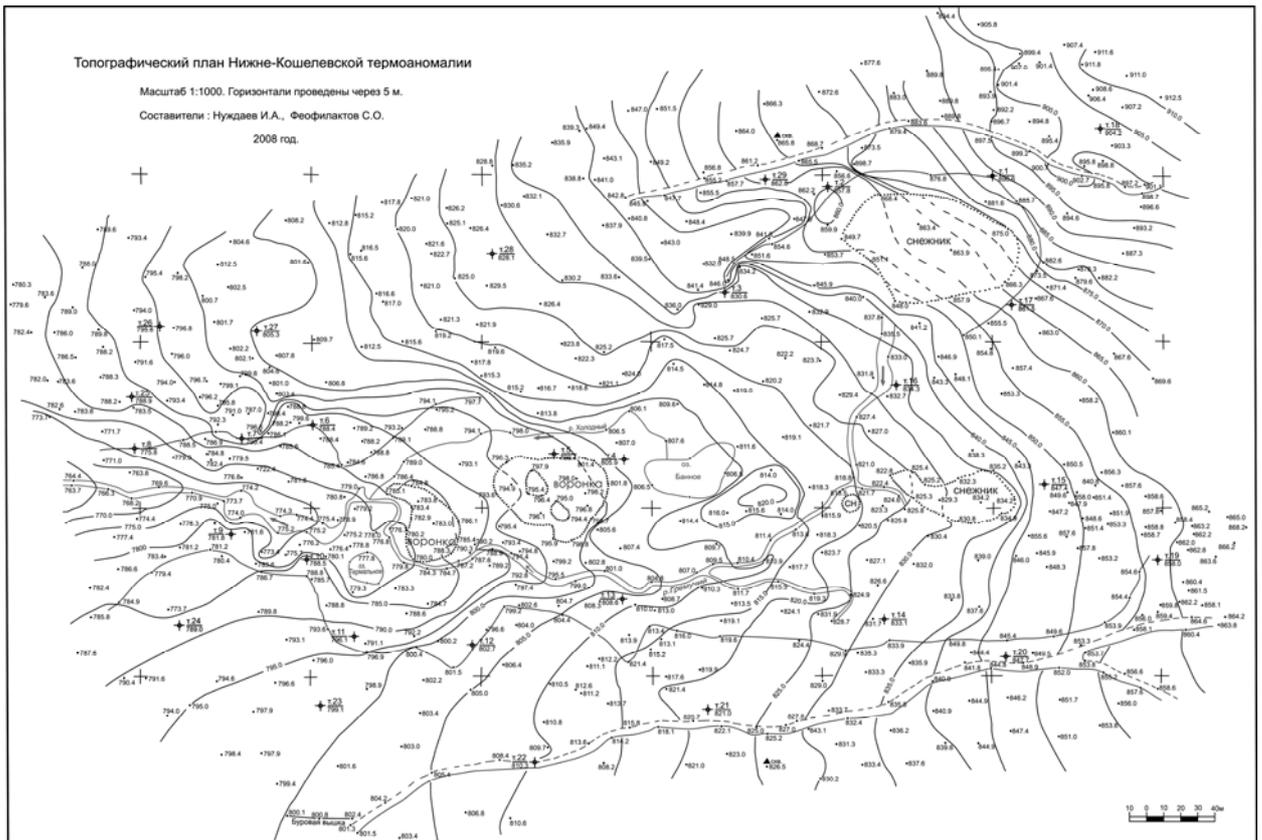


Рис.4. Топографический план в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии, масштаб 1:1000 Горизонталы проведены через 5м. Составили: Нуждаев И.А., Феофилактов С.О., 2008 год.

На топографический план вынесены: водотоки; выходы термальных вод; грязевые и водные котлы; граница геоморфологической структуры; положение снежников; дорога, которая проходит по краю геоморфологической структуры. Всё это даёт представление о современном состоянии геотермального поля.

Цифровая модель была переведена в объёмную форму в программе Surfer 8. Результат получен в условных координатах, заданных программой. Для точной привязки всех имевшихся данных нужно было перевести модель в GPS координаты, что и было сделано аспирантом Нуждаевым А.А. (рис.5).

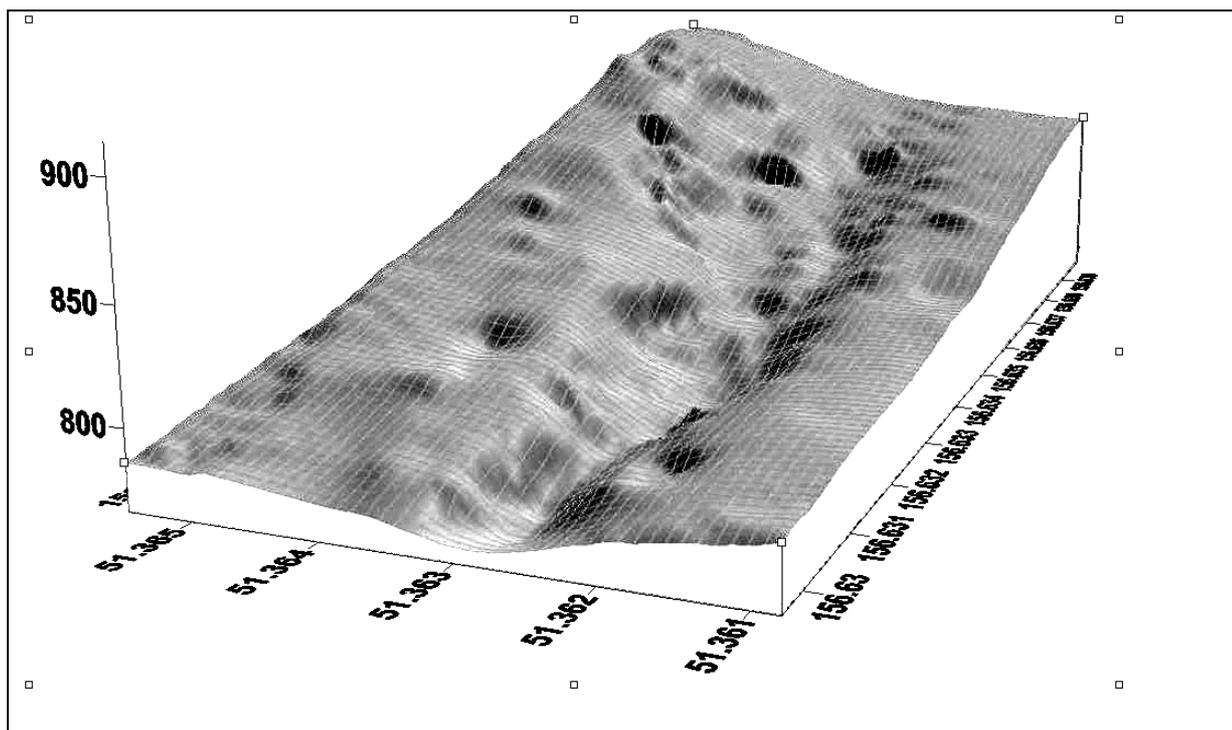


Рис.5. Объёмная 3D модель рельефа в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии в GPS координатах, составленная по данным одноименного топографического плана.

Итак, перед нами законченный вариант представления топографического плана в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии в объёмной форме и в GPS координатах. Здесь хорошо видны контуры геоморфологической структуры, контрастно выделяется ложе ручья Гремучего. Эту модель можно совмещать с гидрогеохимическими, температурными, минералогическими и другими данными с точностью, которая обеспечивается GPS приёмниками. На рис.6 показано распределение температур грунтов и выходов пара в пределах термоаномалии, согласованное с 3D моделью.

Основной вынос тепла приурочен к ложу ручья Гремучего. Высокие температуры выходят за пределы глубоко врезанного ручья, что требует ещё своего объяснения. Выявлен участок с повышенными температурами грунтов – «южный участок». Это новый участок, который образуется в последние несколько лет и, по-видимому, имеет техногенное происхождение. Прогрев северного участка распространяется за пределы геоморфологической структуры ручья. Этот факт является перспективным для последующих наблюдений.

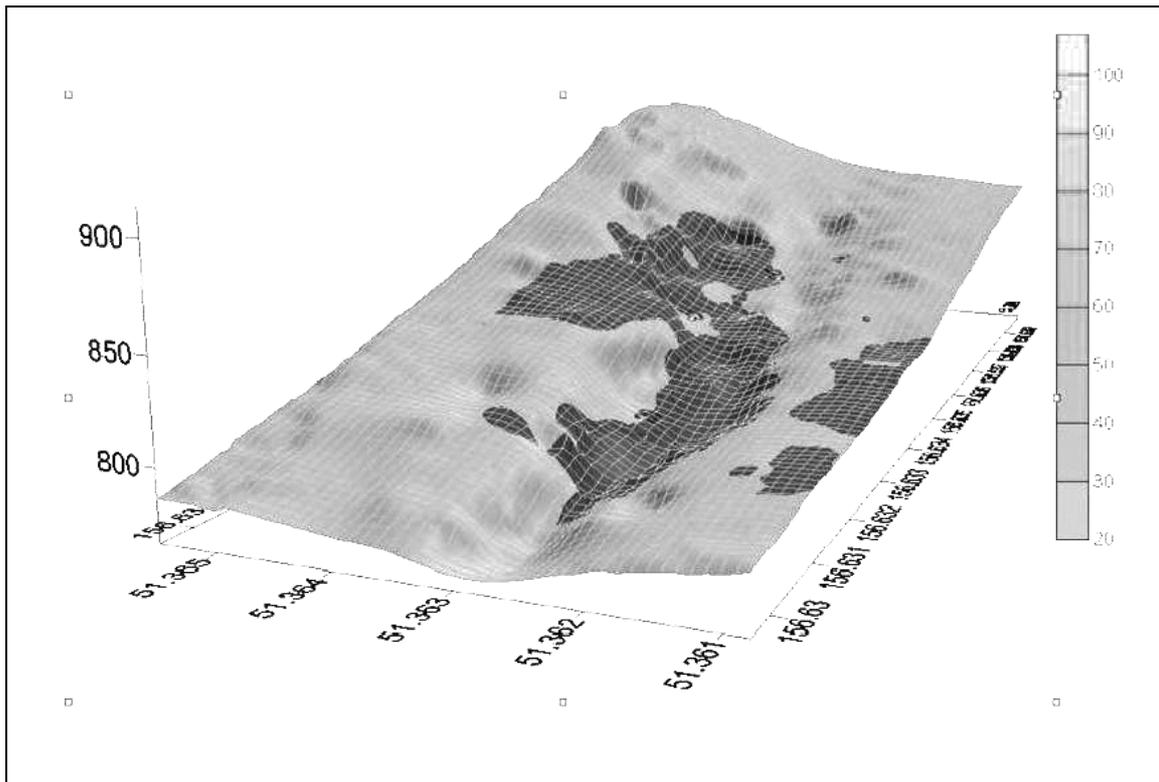


Рис.6. Распределение температур в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии 2007-2009 г.г.

В полевых работах 2009 г. авторы Нуждаев И. и Феофилактов С. входили в геофизическую группу экспедиции, занимались непосредственно изучением глубинного строения термоаномалии. Планируется увязать 3D модель топографического плана с полученными геофизическими данными.

Выводы

В результате с 2007 по 2009 г.г. авторами был проведён комплекс работ по построению топографической основы на всю площадь геоморфологической структуры, в которую входит Нижне-Кошелевская термоаномалия, по оцифровке полученных результатов и переводу плана в объёмную 3D модель.

3D модель может использоваться для визуализации имеющихся данных (мест привязки скважин, шурфов, точек отбора проб газа, термальных вод, минеральных осадков, и др.), также в качестве наглядного представления геоморфологической структуры термального поля.

Благодарности

Авторы признательны научному руководителю д.г.-м.н. С.Н. Рычагову за ежегодную организацию полевых работ, за интересные поставленные задачи и за возможность их выполнять непосредственно самими студентами.

Также авторы выражают особую благодарность Шаниной В. и Аракчеевой Я. за помощь при топографической съёмке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.И. Геология геотермальных полей в современных вулканических областях. «Наука», 1978.
2. Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сережников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58-84.
3. Нуждаев А.А. Новые результаты изучения Верхне- и Нижне-Кошелевской термоаномалий // Исследования в области наук о Земле. Материалы VI региональной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». Петропавловск-Камчатский: КамГУ. 2008. С. 43-49
4. Писарева М.В. Зона природного пара Нижнекошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 52-63.
5. Поздеев А.И., Нажалова И.Н. Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелевского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 32-45.

VOLUMETRIC 3D VISUALIZATION OF THE TOPOGRAPHICAL PLAN IN AREA NIZHNE-KOSHELEVSKIY TEMPERATURE ANOMALY

Nuzhdayev I.A., Feofilaktov S.O., Nuzhdayev A.A.

In the Nizhne- Koschelevskiy thermoanomaly at the period since 2007 to 2009 years a complex of works was executed by the authors. At the beginning the basis of the topographic plan including the location of the objects inside the geomorphological structure of Gremychiy stream was constructed. At the second point the visualization of the topographic plan was finished. Then the digitization of the plan was made and the volumetrical 3D model was created.

Key words: the topographical plan, 3D model, geotermical, volcanic file, Nizhne- Koschelevskiy thermoanomaly.