

# ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ОВАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ РУДНОЙ ОБЛАСТИ НАМПАТЕН (ЛАОС)

Бунтхин Суваннудом<sup>1</sup>,  
bt59199459@gmail.com

Владимир Босхаевич Болтыров<sup>2</sup>,  
boltyrov34@mail.ru

Евгений Александрович Слободчиков<sup>2</sup>,  
Evgeniy.Slobodchikov@m.ursmu.ru

<sup>1</sup>Лаосская рудно-геологическая компания  
Лаос, Вьентьян

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет  
Россия, Екатеринбург

**Актуальность работы.** Выявленные закономерности пространственной связи рудных месторождений Юго-Восточной Азии с овальными формами рельефа позволяют упростить методику поисковых работ и уменьшить затраты на их проведение.

**Цель работы.** Целью исследований являлось теоретическое обоснование пространственной связи промышленного эндогенного оловянного оруденения с овальными формами рельефа, выявленной в результате поисковых работ, проводимых под руководством Б. Суваннудома по его оригинальной авторской методике.

**Методология исследования.** Выявленные во время поисковых работ закономерные связи рудных объектов с овальными формами рельефа обосновываются их сочетанием с особенностями геологического строения породного субстрата и теоретически объясняются представлениями о деформационных процессах, протекающих в тектоносфере Земли.

**Результаты исследования.** В результате проведенного исследования сделан вывод о первичной тектонической природе овалных структур, возникающих в результате пространственного наложения разновозрастных и разноориентированных деформационных структур типа зон расщепления и зон смятия, проявленных в породных комплексах дискретно и разномасштабно в соответствии с универсальным принципом делимости геоматериалов. В соответствии с этим принципом породные комплексы всей рассматриваемой территории первоначально были расчленены на тектонические блоки размером от сотен километров до сотен метров в поперечнике, пространственно подчиненные иерархической зависимости, при которой каждый из блоков всех масштабных рангов состоит из 9 блоков ближайшего меньшего ранга. Взбросо-сдвиговые смещения по более поздним зонам смятия в условиях трансрессивного сжатия вызывали образование оперяющих разрывов как в крыльях зон смятия, так и в крыльях более ранних зон расщепления, что, наряду с выдавливанием тектонических блоков, приводило к их закруглению и формированию тектоноовалов разных масштабов антиформного и синформного облика, а внутри тектоноовалов S-образных приоткрывающихся разрывных структур, контролирующих магмо- и рудогенез. В связи с этим со многими овальными структурами каждого масштабного ранга пространственно совпадают рудоконтролирующие структуры такого же ранга. Одной из крупных овалных структур является овал-мегантиклиналь (рудная область) Нампатен, имеющая размер в поперечнике около 30 км. В ее пределах развиты овалы структуры трех масштабных рангов, наименьшими из которых являются овалы структуры размером около 1 км, охватывающие оловянные месторождения. Современные флювиальные процессы, благодаря разной степени деструкции пород в центре тектоноовалов и по их ограничениям, сформировали овалы положительные и отрицательные формы рельефа разных масштабов.

**Выводы.** Пространственная связь эндогенных рудных объектов с овальными формами современного рельефа обусловлена наложением современного флювиального рельефа на ранее сформированные овалы деформационные структуры, сопровождаемые эндогенным оруденением.

**Ключевые слова:** зоны расщепления; зоны смятия взбросо-сдвиговой природы; иерархическая делимость геоматериалов; овалы и сигмоидальные деформационные структуры; синтетектонические магматизм и рудогенез.

**В**ведение  
Поисковые работы на эндогенное оруденение под руководством Б. Суваннудома много лет проводились на территории горной части Лаоса. Целью настоящего исследования является теоретическое обоснование выявленной путем этих работ пространственной связи промышленных рудных объектов (месторождений, рудных полей, узлов и районов) с овальными формами рельефа, соответствующими масштабам этих рудных объектов. Закономерности, выявленные в результате работ, позволили в конечном итоге упростить и удешевить поисковые работы без снижения их детальности.

## 1. Геологическое строение оловянной области Нампатен

Оловянная область Нампатен находится в пределах складчатого пояса Пхулуанг, расположенного на стыке Индокитайского массива с Южно-Китайским кратоном и охватывающего восточную часть территории Лаоса и территорию Вьетнама. Складчатый пояс Пхулуанг сложен разнообразными комплексами отложений протерозойско-фанерозойского возраста и имеет двухэтажное строение. Комплекс протерозойско-палеозойских отложений нижнего структурного этажа в позднепалеозойское время испытал интенсивное сжатие со стороны Индокитайского массива, что выразилось в интенсивной деформации пород и линеаризации всех составляющих его структур. Разломы северо-западного простирания представлены зонами интенсивного расщепления, выполненными blastomylonitami филлитового и слюдяного состава, иногда сопровождаемыми согласными с расщеплением дайкообразными гранитными интрузиями. Нижний структурный этаж перекрыт субгоризонтально залегающим мезо-кайнозойским структурным этажом, в комплексах которого на границе мезозойского и кайнозойского геохронов проявились лево-взбросо-сдвиговые перемещения северо-восточного направления, сопровождаемые синтетектоническим магматизмом и рудогенезом.

Складчатый пояс Пхулуанг в продольном направлении разделен на три крупные овал-антиклинальные (антиформные) структуры, самой северной из которых является мегантиклинорий Напэ, вытянутый в северо-западном направлении примерно на 300 км при ширине около 200 км (рис. 1). Мегантиклинорий Напэ крупными продольными разломами разделяется на три структурно-формационные зоны, из которых Хинбунская и Аннамская располагаются в пределах территории Лаоса (рис. 2). Крайняя юго-западная Хинбунская структурно-формационная зона продольным разломом Намтхен отделена от Аннамской и сама расчленена параллельными ему разномасштабными разломами на продольные «пластины» шириной примерно 10–13, 3–4, 1–1,3 и 0,3–0,4 км, то есть отношение ширины тектонических «пластин» соседних размерных рангов составляет около 3.

В поперечном направлении Хинбунская зона пересечена дискретно проявленными левыми взбросо-сдвигами разных масштабов, с расстояниями между ними, также подчиняющимися универсальному принципу делимости геоматериалов. По типу деформационного процесса эти разломы являются вязкими разрывами, а по морфологическому проявлению в породах – зонами смятия [1, 2]. Интенсивность деструкции пересекаемых ими пород была значительно слабее деструкции, обусловленной зонами расланцевания. Это выражается в трехкратном превышении расстояний между соседними зонами смятия по сравнению с расстояниями между зонами расланцевания такого же размера и по кулискому расположению фрагментов зон смятия по простиранию. Крупными левыми взбросо-сдвигами Намтон и Намсакан из Хинбунской зоны вычленен тектонический блок Хинбун (рис. 2).

Внутреннее строение блока Хинбун как фрагмента мегантиклинория Напэ и Хинбунской структурно-формационной зоны определяется сочетанием зон расланцевания северо-западного и зон смятия северо-восточного простираний. Зоны расланцевания расчленяют тектонический блок на узкие полосы (пластины) разного размера. Разномасштабные разломы северо-восточного простирания, представленные зонами смятия лево-взбросо-сдвигового типа, расчленяют «располованный» северо-западными зонами расланцевания блок Хинбун на разномасштабные ячеи-блоки [2].

## 2. Структурно-деформационная интерпретация тектонического строения блока Хинбун

Выше было отмечено, что расстояния между разломами одного масштабного ранга в системах разломов одной ориентировки примерно одинаковы. Отношение величин расстояний между разломами соседних масштабных рангов в системах разломов обоих направлений (северо-западной и северо-восточной ориентировки) примерно равно 3. В результате наложения систем разломов северо-восточного направления на системы разломов северо-западного направления описываемая территория, а в ее составе и тектонический блок Хинбун, расчленена на разномасштабные ячеи-блоки.

В этом разномасштабном блоковом расчленении описываемой территории проявился эмпирически установленный универсальный принцип делимости геоматериалов при сохранении соотношений размеров блоков соседних масштабных размерностей в значении 3:1 [3–5]. Различия расстояний, наблюдаемых между разрывными нарушениями разного ранга, можно объяснить проявлением во время разрывообразования деформационно-волновых процессов [6–9]. Считается [9–10], что эти процессы регулируются высвобождением накопленной перед разрывообразованием энергии в виде дискретных порций, величина которых обусловлена масштабом блоков, вовлеченных в деформационный процесс (высвобождаемая энергия при удалении от ее источника затухает не равномерно, а порциями через определенное расстояние).

В результате проявления универсального принципа делимости геоматериалов вся описываемая территория превратилась в тектоническую структуру, представляющую собой мозаику блоков, подчиненных в пространственном расположении строгой иерархической зависимости: крупные блоки обычно состоят из 9 более мелких, которые, в свою очередь, состоят из 9 еще более мелких блоков, в итоге образуя систему закономерно расположенных в пространстве блоков до 6 масштабных рангов (если за структуру 1-го ранга принять блок Хинбун). Каждый из этих блоков ограничен со всех сторон разломами примерно одного порядка: крупные блоки ограничены крупными разломами, а мелкие – мелкими.

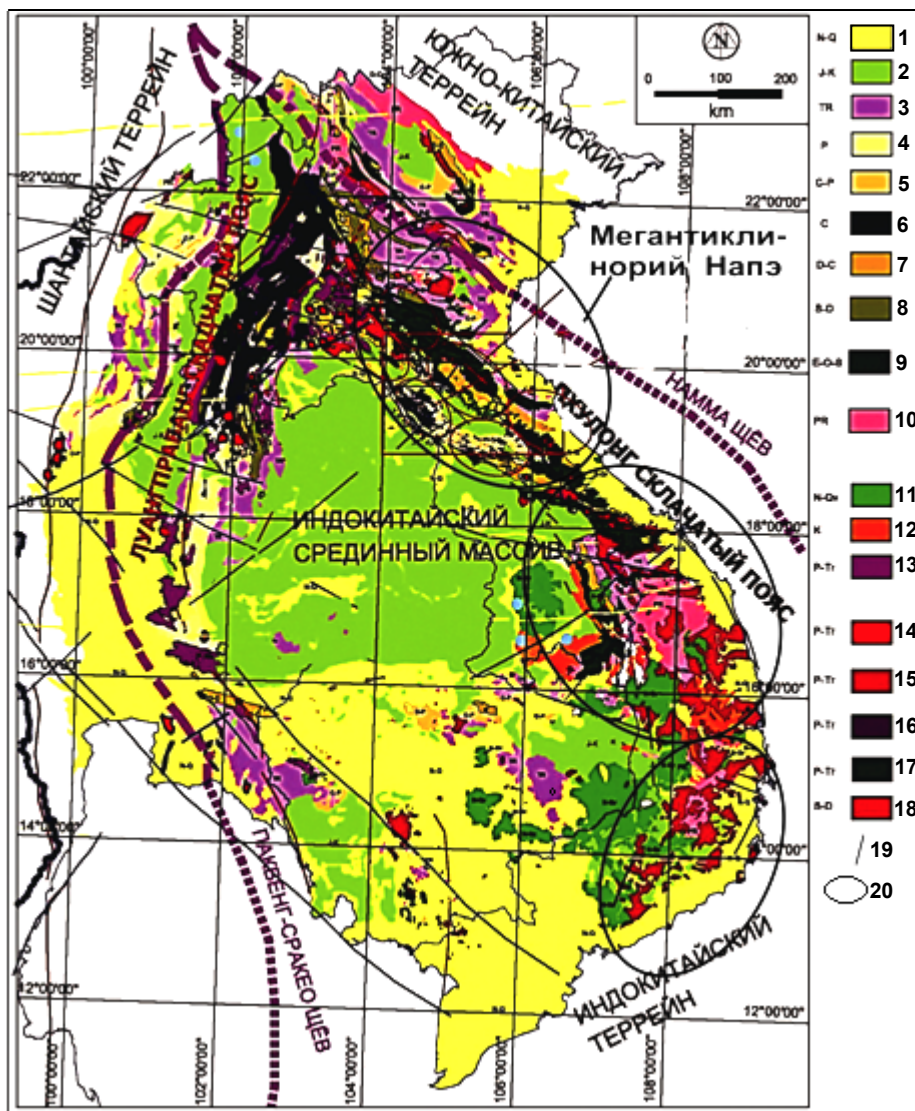
Исключение составляют блоки, расположенные по периферии более крупных блоков и «вынужденные примыкать к разломам более крупного размера, ограничивающим «материнский» блок (рис. 3).

Важной особенностью проявления северо-восточных зон смятия является то, что лево-взбросо-сдвиговые смещения вдоль этих зон приводили к образованию около них оперяющих субмеридиональных разрывов растяжения [1, 11, 12]. Сопряжения этих разрывов с окончаниями северо-западных зон расланцевания у границ блоков способствовали формированию морфологических структур двух типов.

Первый тип морфологических структур – это овальные тектонические структуры, формирующиеся на месте угловатых блоковых. Они возникали из блоковых структур при сопряжении зон расланцевания северо-западного простирания с оперяющими взбросо-сдвиги разрывами растяжения субмеридионального простирания. Субмеридиональные оперяющие разрывы, с одной стороны, срезали два противоположно расположенных угла из четырех углов тектонических блоков, образованных сочленением зон расланцевания и зон смятия, как бы закругляя их; а с другой стороны, накладываясь на более ранние зоны расланцевания, затушевывали и маскировали их северо-западную ориентировку около углов блоков, усиливая эффект их закругления (рис. 3). Повышенная деструкция пород на пересечениях и сочленениях разломов трех указанных направлений определяла расположение флювиальных долин, сочетание которых своей конфигурацией дешифрирует овальные тектонические структуры. Интенсивная деструкция углов блока Хинбун и входящих в него более мелких блоков по рассмотренному сценарию придавала им овалоподобную форму в плане.

Вторым типом морфологических структур, возникающих при взаимодействии зон расланцевания с меридиональными разрывами, оперяющими зоны смятия, являются сигмоидальные структуры. Их образование вызвано тем, что зоны расланцевания северо-западного простирания в тектонической структуре территории проявлены контрастнее, чем зоны смятия. Кроме того, в связи с вдвое меньшими расстояниями между зонами расланцевания северо-западного простирания по сравнению с одноранговыми зонами смятия северо-восточного простирания более-менее изометричный тектонический блок любого ранга (и овальная структура, образованная на основе этого блока) разделен на 3 полосы северо-западного простирания. Разворот северо-западных зон расланцевания, ограничивающих эти полосы, в субмеридиональное направление при их сопряжении с оперяющими зонами смятия субмеридиональными разрывами около границ блоков придавал этим полосам S-образную (сигмоидальную) форму (рис. 3). Соответственно каждая овальная структура состоит из 3 сигмоид, а каждая сигмоида – из 3 овальных структур следующего (более мелкого) масштабного ранга, что определяется тем же принципом универсальной делимости геоматериалов. Обычно четче выражены сигмоиды в центральной, наиболее массивной части овальной структуры, поскольку краевые части интенсивно переработаны ограничивающими овальную структуру разломными зонами. Механизм формирования разномасштабных блоков, овальных структур и сигмоид показан на рис. 3.

Поскольку тектонический блок Хинбун более мелкими разломами северо-западного и северо-восточного прости-

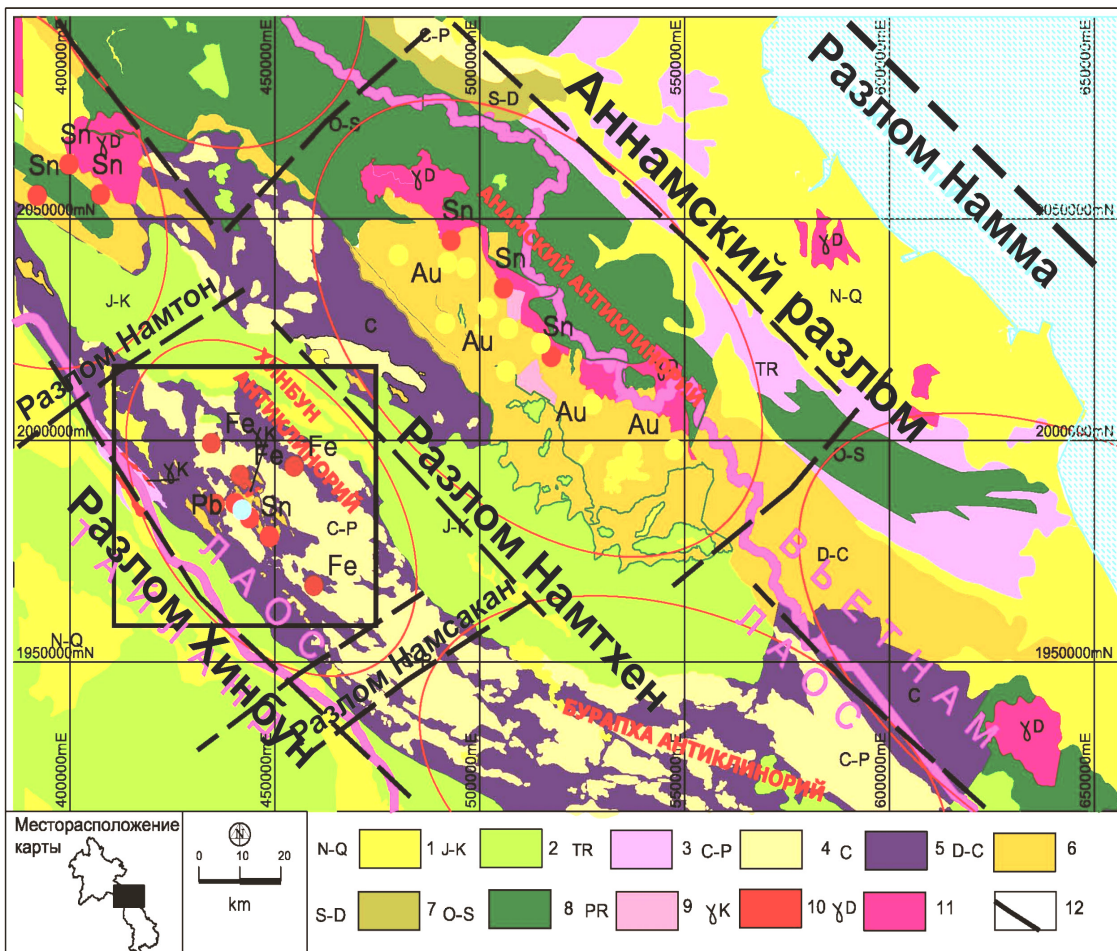


**Рисунок 1. Геолого-структурная карта Индокитайского полуострова (по [13] с авторскими изменениями). Стратифицированные образования.** 1 – неоген-четвертичные рыхлые отложения; 2 – юрская и меловая системы нерасчлененные; континентальные и субмаринные отложения: красноцветные терригенные породы, эвапориты, кислые вулканиты; 3 – триасовая система, верхний отдел; континентальные красноцветные карбонатно-терригенные отложения; 4 – пермская система, верхний отдел; известняки, терригенные угленосные отложения; 5 – каменноугольная и пермская системы нерасчлененные; рифовые известняки, черные сланцы и кремнистые породы; 6 – каменноугольная система; черные сланцы, кремнистые и терригенные угленосные породы, лавы и туфы кислого и среднего состава; 7 – девонская и каменноугольная системы нерасчлененные; красноцветные и сероцветные терригенные породы, карбонатно-черносланцевые породы, мергели; 8 – силурийская и девонская системы нерасчлененные; филлитовые сланцы, вулканиты кислого и среднего состава; 9 – кембрийская, ордовикская и силурская системы нерасчлененные; мраморы, кварциты, хлоритовые сланцы, филлиты, метавулканиты кислого, среднего и основного состава; 10 – протерозойская эратема; гранитоиды, слюдяные сланцы, амфиболиты, мигматиты, гранулиты, кальцифиры. **Вулканогенные и вулканоплутонические образования.** 11 – неогеновые и четвертичные базальты; 12 – меловые дациты, риодациты и риолиты; 13 – пермские и триасовые андезиты, дациты и риолиты. **Интрузивные образования.** 14 – меловые граниты, гранодиориты, адамеллиты; 15 – пермские и триасовые кварцевые диориты, диориты, монзониты, сиениты, кварцевые порфиры; 16 – пермские габбро, габбро-нориты, долериты; 17 – каменноугольные офиолиты: пироксениты, перидотиты, дуниты, серпентиниты; 18 – батолитовые граниты и гранодиориты; 19 – разломы; 20 – контуры овальных деформационных структур в ранге мегантиклинориев.

**Figure 1. Geological and structural map of the Indo-Chinese Peninsula (by [13] with author's changes).**

рания был разделен на ряд ячеек разного размера, то все они в условиях лево-взбросо-сдвиговых смещений вдоль северо-восточных разрывов также были преобразованы в овалы соответствующих размеров, разделенные на сигмоиды такой же морфологии и ориентировки, как и сигмоиды блока Хинбун. На практике это выглядит как разделение овальной структуры Хинбун на ряд внутренних овалов меньшего размера, пространственно подчиненных его сигмоидам.

Следующей особенностью формирования овальных структур тектонического блока Хинбун является их выдавливание вверх под действием взбросовой составляющей мезозойских лево-взбросо-сдвиговых движений. Это перемещение вверх вызывало подворот горизонтальной неоднородности пород около границ блоков, что при их разной скорости перемещения привело к антиформному или синформному облику внутренней структуры блоков. За овальный облик в плане деформированных блоков и за их «обмятый» вид в разрезе сформированные структуры были названы овал-антиформами или овал-синформами разного ранга. Так тектонический блок Хинбун назван овал-антиклинорием, текто-



**Рисунок 2. Геологическая карта центральной части мегантиклинория Напэ (по [13] с авторскими изменениями).** 1 – неоген-четвертичные рыхлые образования: латериты и континентальные мелко- и грубообломочные породы; 2 – юрско-меловые континентальные и субмаринные отложения: красноцветные конгломераты, аргиллиты, алевролиты, песчаники и эвапориты, кислые вулканы; 3 – поздне триасовые красноцветные отложения: аргиллиты, алевролиты, песчаники и мергели; 4 – верхнекаменноугольные и пермские отложения нерасчлененные: рифовые известняки, черные сланцы и кремнистые породы; 5 – каменноугольная система: черные сланцы, кремнистые породы, терригенные угленосные образования, лавы и туфы кислого и среднего состава; 6 – девонская и каменноугольная системы нерасчлененные: красноцветные и сероцветные терригенные породы, карбонатно-черносланцевые породы, мергели; 7 – силурийская и девонская системы нерасчлененные: филлитовые сланцы, вулканы кислого и среднего состава; 8 – ордовикская и силурийская системы нерасчлененные: мраморы, метаконгломераты, хлоритовые сланцы, филлиты, кварциты, метавулканы кислого, среднего и основного состава; 9 – протерозойская эратема: гранито-гнейсы, слюдястые сланцы, амфиболиты, мигматиты, гранулиты, кальцифиры; 10 – меловые граниты, гранодиориты, амаеллиты; 11 – батолитовые граниты и гранодиориты; 12 – разломы.

**Figure 2. Geological map of the Central part of Nape meganticlinorium (by [13] with author's changes).**

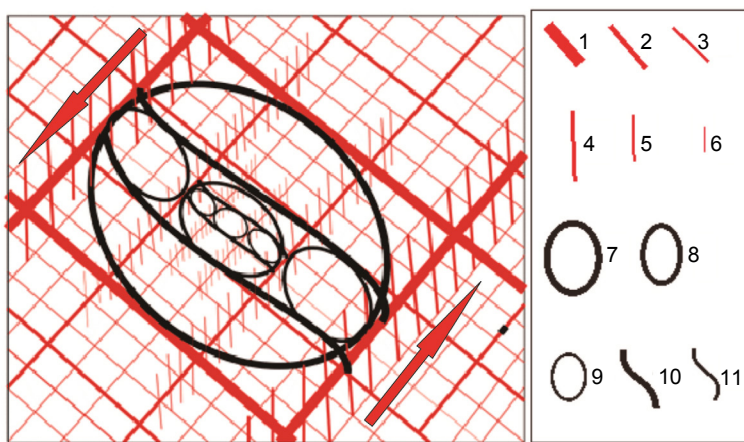
нический блок следующего масштабного ранга Нампатен, приуроченный к центральной ситмоиде овал-антиклинория Хинбун – овал-мегантиклиналию, входящие в овал-мегантиклиналию Нампатен более мелкие блоки Нампатен-центр и Фонтью – овал-синклиналями 1-го порядка, а более мелкие структуры – овал-антиклиналями и овал-синклиналями более высоких порядков (под порядком овалных структур здесь подразумевается элемент таксономического ряда складчатых структур размером меньше овал-мегасинклинали – от овал-синклинали 1-го до овал-синклинали 4-го порядка, размер складок уменьшается с увеличением номера порядка).

Выделяемые прежними исследователями синклинальные и антиклинальные структуры на самом деле являются тектоническими блоками, перемещенными на разную высоту (амплитуду) и обнажившимися на земной поверхности разновозрастные комплексы. Схема иерархической соподчиненности овалных структур приведена на рис. 4.

**3. Причинная связь пространственного совмещения рудных объектов с овальными формами рельефа**

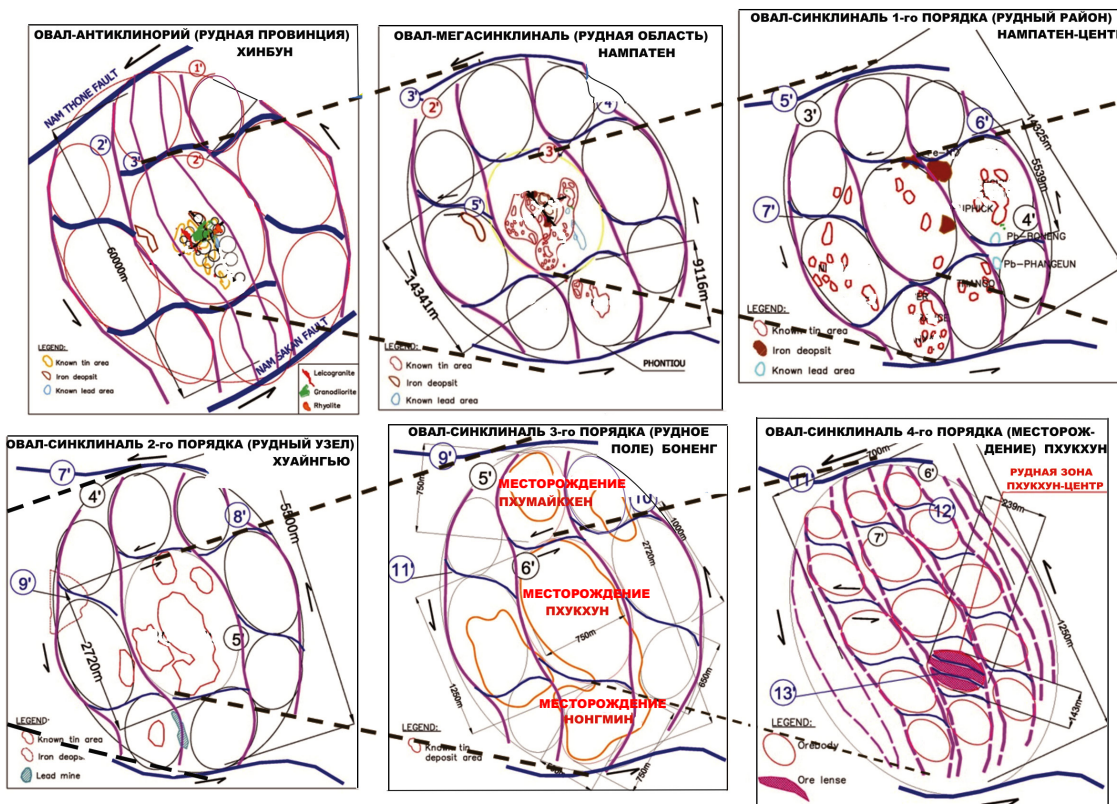
Интенсивные взбросо-сдвиговые движения в раннем мезозое по зонам смятия северо-восточного простирания способствовали формированию внутри разномасштабных блоков зон растяжения крутой ориентировки, что обусловило проявление синтетектонического магматизма и связанного с ним рудогенеза. Небольшая глубина заложения магматических систем способствовала формированию вулканоплутонических комплексов гипабиссального типа с интрузивными телами состава диоритов, кварцевых диоритов, андезитов, дацитов, гранит-порфиров и риолитов [13, 14].

Гомодромный характер внедрения производных магматического процесса во времени от средних к кислым породам свидетельствует о достаточно глубокой дифференциации магматических очагов, завершающие стадии которых сопровождалась отделением летучих и флюидов, содержащих рудную нагрузку. Для складчатого пояса Пхулуанг и



**Рисунок 3. Схема образования овальных и сигмоидальных структур при пересечении разломных зон северо-западного и северо-восточного простирания.** 1 – пересекающиеся системы разломов 1-го ранга; 2 – пересекающиеся системы разломов 2-го ранга; 3 – пересекающиеся системы разломов 3-го ранга; 4 – оперяющие разрывы зон смятия 1-го ранга; 5 – оперяющие разрывы зон смятия 2-го ранга; 6 – оперяющие разрывы зон смятия 3-го ранга; 7 – контур овальной структуры 1-го ранга; 8 – контуры овальных структур 2-го ранга; 9 – контуры овальных структур 3-го ранга; 10 – контуры центральной сигмоиды овальной структуры 1-го ранга; 11 – контуры центральной сигмоиды 1-го и 2-го рангов. Стрелки показывают направление трансляционного смещения в зонах смятия.

**Figure 3. Scheme of formation of oval and sigmoidal structures at the intersection of fault zones of North-West and North-East stretch.**



**Рисунок 4. Масштабная иерархия овальных структур.** Штриховые линии показывают масштабную соподчиненность овальных структур со структурами более низкого и более высокого рангов.

**Figure 4. Large-scale hierarchy of the oval structures.**

входящих в него более мелких структур характерно формирование рудно-магматических систем с золотом, серебром, оловом, медью, свинцом и другими металлами. В пределах рудной области Нампатен развита в основном оловянная минерализация олово-сульфидного типа (арсенипиритового и колчеданного подтипов).

Масштабы проявления магматизма в пределах оловорудной области были пропорциональны размерам овальных структур. Так, для центральной части овал-синклинали Нампатен-центр характерны крупные куполообразные вулканоплутонические комплексы, включающие диорит-гранодиоритовые и дацит-риолитовые массивы, а для овальных структур краевой части овал-синклинали характерны небольшие, расположенные вблизи центра овальных структур штокообразные интрузии, часто еще не эродированные.

В связи с этим овальные структуры разного размера рудной области Нампатен (овальной структуры 2-го ранга) не-

сут в себе и оруденение разного масштаба. Овальные структуры 3-го ранга вмещают в себя рудные районы (Нампатен-центр и Фонтью), а овальные структуры 4-го ранга – рудные узлы и т. д. Ранжированность и номенклатура овальных и рудоносных структур, расположенных в пределах овал-антиклинория Хинбун, приведены на рис. 4 и в таблице.

Необходимо отметить, что рудоконтролирующими структурами внутри овальных структур всех рангов от рудных полей до месторождений являются сигмоиды северо-западного простирания соответствующих масштабов. Однако ориентировка в пространстве рудных зон и рудных тел (рудовмещающих структур) в пределах сигмоид конкретных месторождений подчиняется другим закономерностям. Это объясняется тем, что блоковые структуры от 1-го до 6-го ранга и их сигмоиды являются продуцентами регионального поля напряжений, которое посредством особым образом организованной разрывной тектоники и формировало, и обуславливало ориентировку этих сигмоидальных структур. При достижении блоковыми структурами размеров, определяемых расстояниями между лево-взбросо-сдвиговыми зонами смятия наименьшего размера, при дальнейшем смещении блоков вдоль этих левых взбросо-сдвигов происходила переориентировка регионального поля напряжений с разворотом осей деформации против часовой стрелки на угол около 30–40° [16], что вызывало лево-сдвиговое смещение вдоль зон расщепления северо-западного простирания. Это лево-сдвиговое смещение, в свою очередь, способствовало формированию около бывших зон расщепления северо-западного простирания оперяющих разрывов растяжения субширотной ориентировки. Эти субширотные разрывы и субмеридиональные разрывы растяжения, оперяющие зоны смятия северо-восточного простирания, а также участки фрагментарно приоткрывающихся зон расщепления северо-западного простирания от лево-сдвиговых смещений вдоль зон смятия северо-восточного простирания и послужили рудовмещающими структурами месторождений.

#### Заключение

В заключение необходимо отметить, что описываемые овальные структуры всех рангов являются по своей природе деформационно-блоковыми и какими-либо сопутствующими кольцевыми геологическими телами не сопровождаются. Первоначально овальные структуры в результате закономерно сочетающихся разноориентированных разрывных нарушений имели в плане вид многоугольников. Дезинтеграция пород в зонах этих разрывных нарушений способствовала формированию вдоль них флювиальных долин, огибающих эти многоугольники, и образованию благодаря этому овальных форм рельефа.

Телами, генетически сопутствующими блоковым структурам, являются только интрузии субвулканического комплекса, сопровождающие блокообразование. Но, внедряясь по внутриблоковым разрывам, они обычно не подчеркивают овальную форму эрозионно проработанных блоковых структур, а часто, охватывая несколько некрупных блоковых структур, даже маскируют их контуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочарян Г. Г. Геомеханика разломов. М.: ГЕОС, 2016. 424 с.
2. Суваннудом Б., Болтыров В. Б., Слободчиков Е. А. Структурные условия образования и строение овал-антиклинория Хинбун (Средний Лаос) // Литосфера. 2014. № 1. С. 127–132.
3. Макаров П. В. Об иерархической природе деформации и разрушения твердых тел и сред // Физическая мезомеханика. 2004. Т. 7. № 4. С. 25–34.
4. Макаров П. В., Трубицын А. А., Трубицына Н. В. и др. Универсальный критерий фрактальной делимости геоматериалов и геосред // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 7. С. 724–746.
5. Шерман С. И. Деструкция литосферы: разломно-блоковая делимость и ее тектонофизические закономерности // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Т. 3, № 4. С. 315–344.
6. Быков В. Г. Деформационные волны Земли // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 4. С. 1176–1190.
7. Зуев Л. Б., Данилов В. И. Медленные автоволновые процессы при деформации твердых тел // Физическая мезомеханика. 2003. Т. 6, № 1. С. 75–94.
8. Шерман С. И., Горбунова Е. А. Волновая природа активизации разломов Центральной Азии на базе сейсмического мониторинга // Физическая мезомеханика. 2008. Т. 11, № 1. С. 115–122.
9. Makarov P. V., Peryshkin A. Y. The role of slow deformation waves in the formation of fracture foci / AIP Conference Proceedings. Vol. 1785, 18 November 2016, 10 th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures, MRDMS 2016; Ekaterinburg; Russian Federation; 16 May 2016 to 20 May 2016.
10. Makarov P. V., Peryshkin A. Y. Modeling "slow movements" – Auto waves of non-elastic deformation in ductile and brittle material and media / AIP Conference Proceedings. Vol. 1683, 27 October 2015, International Conference on Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures 2015; Tomsk; Russian Federation; 21 September 2015 to 25 September 2015.
11. Кочарян Г. Г., Спивак А. А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород. М.: Академкнига, 2003. 423 с.
12. Мартынюк П. А., Шер Е. Н. Особенности формирования трещин отрыва в горных породах при сжатии // ФТПРПИ. 2004. № 6. С. 77–87.
13. Phan Cu Tien et al. Geological map of Cambodia, Laos and Vietnam. Hanoi: Geological Survey of Vietnam, 1991.
14. Souvannoudom B. Hydrothermal Au mineralization associated with felsic volcanic Coeval alkaline intrusive / Syntectonic grabben fault in Indochines depression (rifts) of Indochinese massif: presentation at the mining conference of Newmont Mining Limited (US Company) held in Vientiane, Lao PDR. 1995.
15. Souvannoudom B. Indochina terrane (and adjacent territories: Laos, Vietnam, Thailand and Cambodia), trans-regional structures and associated different metallogeny: Presentation at the second Lao-Thai Technical Conference on Geology and Mineral Resources (Lao-Thai Geology: Beyond the Bound). 17–21 January 2013, Vientiane, Lao PDR.
16. Bedeaux P., Pilote P., Rafini S. Synthesis of the structurale evolution and associated gold mineralization of the Cadillac Fault, Abitibi, Canada (Review) // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 82. P. 49–69.
17. Муди Дж. Д., Хилл М. И. Сдвиговая тектоника // Вопросы современной зарубежной тектоники: пер с англ. М.: ИЛ, 1968. С. 265–333.

Статья поступила в редакцию 7 марта 2018 г.

# Oval deformation of the structure of the ore region of Nampaten (Laos)

Buntkhin Souvannoudom<sup>1</sup>,  
bt59199459@gmail.com

Vladimir Boskhaevich Boltyrov<sup>2</sup>,  
boltyrov34@mail.ru

Evgeniy Aleksandrovich Slobodchikov<sup>2</sup>,  
Evgeniy.Slobodchikov@m.ursmu.ru

<sup>1</sup>Laos ore-geological company  
Vientiane, Lao

<sup>2</sup>Ural State Mining University  
Ekaterinburg, Russia

**Relevance of the work:** the revealed regularities of spatial connection of ore deposits in South-East Asia with oval forms of relief allow simplifying the technique of prospecting works and reducing the cost of their conduct.

**The purpose of the work** was the theoretical justification of the spatial context of industrial endogenous tin mineralization with oval forms of the relief. This context was identified as a result of search operations carried out under the leadership of B. Souvannoudom according to his original technique.

**Research methodology.** The natural connections of ore objects with oval forms of a relief revealed during prospecting works are proved by their combination with features of a geological structure of a rock substrate. These connections are theoretically explained with the help of the ideas about the deformation processes which are in progress in a tectonosphere of the Earth.

**Research results.** As a result of the research conducted, the conclusion was made about the primary tectonic nature of the oval structures. They appear as a result of the spatial superposition of multi-age and multi-oriented deformation structures. Such structures include cleavage zones and confusion zones. They are manifested in the rock complexes in a discrete and multi-scale way in accordance with the universal principle of the separability of geomaterials. In accordance with this principle, the rock complexes of the entire territory under consideration were initially divided into tectonic blocks. The size of these blocks varies from hundreds of kilometers to hundreds of meters in diameter, spatially subordinated to hierarchical dependence. Each of the blocks of all scale ranks consists of 9 blocks of the nearest smaller rank. Climbing-shear bias at later confusion zones in terms of the transpressive compression caused the formation of the fledging gaps. They occurred in the wings of confusion zones and in the wings of the earlier zones of cleavage. This, along with the extrusion of the tectonic blocks, led to their rounding and the formation of technoblogs of different sizes of antiform and synform appearance. Inside the technoblogs of the S-shaped overlapping discontinuous structures that control magma genesis and ore genesis. In this regard, the ore-controlling structures of the same rank coincide with many oval structures of each scale rank spatially. One of the large oval structures is an oval-megachilinae (ore area) of Nampaten. Its diameter is about 30 km within a developed oval structure of three major grades, of which the smallest are oval structures with a size of about 1 km, covering tin deposits. Modern fluvial processes, due to the different degree of destruction of rocks in the center technoblog and their limitations, formed oval shaped positive and negative landforms of different scales.

**Summary.** The spatial relationship of endogenous ore objects with the oval forms of modern relief is due to the imposition of modern fluvial relief on previously formed oval deformation structures, accompanied by endogenous mineralization.

**Keywords:** zones of sending; zones of crushing of the climbing-shear nature; hierarchical divisibility of geomaterials; oval and sigmoidal deformation structures; sintectonic magmatism and ore genesis.

## REFERENCES

- Kocharyan G. G. 2016, *Geomekhanika razlomov* [Geomechanics of faults]. Moscow, 424 p.
- Souvannoudom B., Boltyrov B. V., Slobodchikov E. A. 2014, *Strukturnyye usloviya obrazovaniya i stroyeniye oval-antiklinoriya Khinbun (Sredniy Laos)* [Structural conditions for the formation and structure of oval-anticlinorium of Hinboun (Middle Laos)]. *Litosfera* [Litosfera], no. 1, pp. 127–132.
- Makarov P. V. 2004, *Ob iyerarkhicheskoy prirode deformatsii i razrusheniya tverdykh tel i sred* [On the hierarchical nature of deformation and fracture of solids and media]. *Fizicheskaya mezomekhanika* [Physical mesomechanics], vol. 7, no. 4, pp. 25–34.
- Makarov P. V., Trubitsyn A. A., Trubitsyna N. V. and others 2007, *Universalnyy kriteriy fraktalnoy delimosti geomaterialov i geosred* [Universal criterion of fractal divisibility of geomaterials and geospatis]. *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], vol. 48, no. 7, pp. 724–746.
- Sherman S. I. 2012, *Destruksiya litosfery: razlomno-blokovaya delimost' i yeyo tektonofizicheskiye zakonomernosti* [The destruction of the lithosphere: fault-block divisibility and its tectonophysical regularities]. *Geodinamika i tektonofizika* [Geodynamics and Tectonophysics], vol. 3, no. 4, pp. 315–344.
- Bykov V. G. 2005, *Deformatsionnyye volny Zemli* [Strain waves of the Earth]. *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], vol. 46, no. 4, pp. 1176–1190.
- Zuyev L. B., Danilov V. I. 2003, *Medlennyye avtovolnovyye protsessy pri deformatsii tverdykh tel* [Slow autowave processes at deformation of solids]. *Fizicheskaya mezomekhanika* [Physical mesomechanics], vol. 6, no. 1, pp. 75–94.
- Sherman S. I., Gorbunova E. A. 2008, *Volnovaya priroda aktivizatsii razlomov Tsentral'noy Azii na baze seysmicheskogo monitoringa* [Wave nature of fault activation in the Central Asia on the basis of seismic monitoring]. *Fizicheskaya mezomekhanika* [Physical Mesomechanics], vol. 11, no. 1, pp. 115–122.
- Makarov P. V., Peryshkin A. Y. The role of slow deformation waves in the formation of fracture foci. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 1785, 18 November 2016, 10 th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures, MRDMS 2016; Ekaterinburg; Russian Federation; 16 May 2016 to 20 May 2016.
- Makarov P. V., Peryshkin A. Y. Modeling "slow movements" – Auto waves of non-elastic deformation in ductile and brittle material and media. *AIP Conference Proceedings*. Vol. 1683, 27 October 2015, International Conference on Advanced Materials with Hierarchical Structure for New Technologies and Reliable Structures 2015; Tomsk; Russian Federation; 21 September 2015 to 25 September 2015.
- Kocharyan G. G. and Spivak A. A. 2003, *Dinamika deformirovaniya blochnykh massivov gornykh porod* [Dynamics of deformation of block rock masses]. Moscow, 423 p.
- Martynyuk P. A., Cher E. N. 2004, *Osobennosti formirovaniya treshchin otryva v gornykh porodakh pri szhatii* [Features of the formation of separation cracks in rocks under compression] *FTPPI* [Journal of Mining Science], no. 6, pp. 77–87.
- Pham Cu Tien et al. 1991, Geological map of Vietnam, Laos and Cambodia. Department of Geology and Mineral Resources, Lao PDR.
- Souvannoudom B. Hydrothermal Au mineralization associated with felsic volcanic Coeval alkaline intrusive / Syntectonic grabben fault in indochines depression (rifts) of Indochinese massif: presentation at the mining conference of Newmont Mining Limited (US Company) held in Vientiane, Lao PDR. 1995.
- Souvannoudom B. Indochina terrane (and adjacent territories: Laos, Vietnam, Thailand and Cambodia), trans-regional structures and associated different metallogeny: Presentation at the second Lao-Thai Technical Conference on Geology and Mineral Resources (Lao-Thai

Geology: Beyond the Bound). 17–21 January 2013, Vientiane, Lao PDR.

16. Bedeaux P., Pilote P., Rafini S. 2017, Synthesis of the structural evolution and associated gold mineralization of the Cadillac Fault, Abitibi, Canada (Review). *Ore Geology Reviews*, vol. 82, pp. 49–69.

17. Moody G. D., Hill M. I. 1968, *Sdvigovaya tektonika* [Shear tectonics]. *Voprosy sovremennoy zarubezhnoy tektoniki: per s angl.* [Issues of modern foreign tectonics: translation from English]. Moscow, pp. 265–333.

*The article was received on March 7, 2018*