



Metal resources of the northern Appalachians. Geological position, prospecting methods and organization of the geological work

Ivan D. Ivanov

Geological Institute, Acad. G. Bonchev st., bl. 24, 1113 Sofia, Bulgaria; E-mail: geolkob@geology.bas.bg

Key words: Appalachians, massive sulfides, geophysics, information

Abstract. The northern Appalachians have been formed during multiple accretions of subduction zones and micro-continents in the space between Laurentia and Gondwana. The 515–460 Ma old volcanogenic massive sulfide deposits formed in extensional supra-subduction settings, during the closure of the main Iapetan oceanic tract that separated the peri-Laurentian and peri-Gondwanan arc terranes. The multiple collisions created structurally complex environment, in which the deposits are found in re-folded folds. These deposits are prospected mainly by geophysical and to less extend by geochemical methods. The richest mine area is the Bathurst Min-

ing Camp in northern New Brunswick. Advanced geophysical methods are applied in this area, however significant discovery has not been made since the late eighties. Small companies or individual prospectors have made most of the discoveries. The prospecting and mining in the region are regulated by the provincial geological surveys, which are responsible for collection and management of the geological information. In New Brunswick the entire pool of geological information, including the geophysics collected by expensive corporate programs, is freed for public use after quarantined period of two years.

Метални полезни изкопаеми на северните Апалачи. Геоложка позиция, методи на проучване и организация на геоложката дейност

Иван Д. Иванов

Глобална тектонска обстановка на Северните Апалачи

Северните Апалачи са сложен колаж от ранно-палеозойски перилавrentийска и перигондванска океанска супрасубдукционна зона и ивици от микроконтинентни терени. Супрасубдукционната зона е представена от зародишна дъга, екстензионна дъга и заддъгова обстановка, докато микроконтинентите са рифтовани от Лавrentийната (микроконтинента Дашуоод) и от Гондванската (Гандерия, Авалония и Мегума) крайни части. Последователната акреция на континентални и океански терени един към друг и евентуално към Лавrentия през времето на зат-

варяне на Япетуса и Реиса е предизвикала няколко колизионни събития между късния камбрий и перма. Три къснокамбрийски до късноордовишки акреционни събития в перилавrentийното пространство са причината за проявата на Таконската орогенеза. Таконската тектоника спира с акрецията на перигондванската дъга Попологан—Виктория. Късноордовишка колизия между Пенобскотската дъга и Гандерия в резултат на затварянето на заддъгов басейн в периферията на Гондвана е довело до проявата на Пенобскотската орогенеза. Акрецията на Гандерия и Лавrentия по време на силура, чрез затварянето на заддъговия басейн Тетагуче—Експлоитс е довело до Салинната орогенеза. Ранно-

до среднодевонската Акадска орогенеза е причинена от затварянето на морския басейн, разположен между композитните терени на Лаврентия и Авалония. Акрецията на Мегума към Лаврентия е причинило къснодевонско—неоакадска орогенеза. Тази орогенеза е прекратена от Алеганската Лаврентийно—Гондванска колизия през карбона, вследствие на която се формира суперконтинента Пангея. В началото на мезозоя Апалачите са разкъсани от напречни трансформни разломи, свързани с отварянето на Атлантика. Разтягането води до транспортирани на отделни фрагменти, които сега се намират в Нюфаундленд, Британските острови и Прибалтика. След затварянето на основната част от Япетуса контракцията продължава в хода на Салинното събитие, предизвикано от затварянето на вторичния басейн Тетагуче—Експлоитс. Продължителната колизия е довела до интензивно деформиране на вулканските скали и на находищата, включени в тях. Апалачите са богати на стратифицирани масивни сулфиди, включени във вулкански серии (ВМС тип находища) и в по-малка степен на стратифицирани масивни сулфиди, включени в седиментни серии. Повечето от вместващите скали са формирани в екстензионна супрасубдукционна обстановка. ВМС находищата са образувани главно през интервала 515—460 м.г. по време на въгрешноокеанската субдукция на основната част на Япетуса. Апалачите се отличава от Алпийския терен не само по продължителната тектонска активност, но и по динамиката на континенталната колизия. Колизията е била предимно коса, т.е., микроконтинентите са се придвижвали по траектории, разположени под малък ъгъл. Приплъзването е формирало регионални зони на срязване с неколкостепенна смяна на знака на срязване поради ротация на плочите. В резултат се появява ивичест ороген със силно изразени надлъжни линементи и преобладаващо нагъване, формирано в условия на просто срязване. За сравнение Алпийската колизия, записана в българската част на алпийския ороген, е имала предимно терминален характер (челен сблъсък) и поради това линементите са по-слабо проявени, а нагънатостта отразява преобладаващо чисто срязване.

Методи на проучване на метални полезни изкопаеми

Апалачите са интензивно тектонски преработени и лошо разкрити поради покривката от млади глациални отложения. Минният район Батърст в Нови Брунзуик, където са концентрирани най-големите метални находища, илюстрира добре практиката на геологопроучвателната дейност. Тектониката на Батърсткия минен район може да се резюмира както следва: *Д1 (долен-горен*

ордовик) — вулканските скали, заедно с масивните сулфиди, са включени в субдукционна призма и транспортирани под Лаврентийската плоча, където са метаморфозирани при ниски температури и високо налягане. Ниските температури на метаморфизма са резултат на охлаждащото действие на студената океанска кора, участваща в субдукцията. Проявяват се интензивни срязвания и нашистяване, паралелни на напластяването. Формират се само малки гънки с осови повърхнини субпаралелни на напластяването; *Д2 (долен силур)* — през Салинния етап целият скален комплекс е подложен на мощно нагъване чрез регионално ляво отседно срязване, при което се формират големи гънки с днешна ориентация СИ—ЮЗ. В това нагъване участват и напластяването и метаморфната фолация, формирана през *Д2; Д3 (граница долен-горен силур)* — третата деформация протича в резултат на бърза ексхумация в крайните етапи на Салинната контракция. Изявява се в условия на значителни вертикални налягания и води до полегат кливаж, който е грубо паралелен на обтичащата повърхност на издигания се блок. Локално са формирани полегнали гънки; *Д4 (среден девон)* — през Акадската орогенеза кинематичните условия на деформацията са сменени. Силурските и ордовишките скали са подложени на ново, но по-ограничено литостатично натоварване и се проявява регионално дясноотседно срязване. Смяната на ляво с дясно срязване в хода на орогенната еволюция може да се обясни с ротация поради пространствено приспособяване (наместване) на микроконтинентните блокове. Дясното срязване формира гънки с осови повърхнини, ориентирани на СИ или на И-З. Тези гънки пренагъват гънките, формирани през *Д2* и преориентират границите на някои по-малки седиментни басейни; *Д5 (карбон)* — през Алеганското събитие в средата на карбона се проявява локална нагънатост в областите на реактивирани акадски зони на срязване. Това събитие е много по-силно в Южните Апалачи отколкото в Северните. В хода на тектонската еволюция се проявява метаморфизъм, вариращ от гранулитов до нискостепенен зеленошистен фациес. Някои скални формации последователно преминават през амфиболитов, зеленошистен и субдиагенетен метаморфизъм на разстояние от няколко стотин km. Поради лошата разкритост водещ метод за картиране е електромагнитната самолетна снимка с резолюция около 50 m/пиксел и дълбочина на проникване 150—200 m. При такава снимка се отчитат привидна електропроводимост и вертикален електромагнитен градиент при различни честоти на излъчвателя. Тъй като геофизичната основа разкрива геоложките трендове, то геоложките карти се изработват върху геофизичната основа. Тоест, на терена се търсят разкрития, чрез които конкретна геофи-

зична зона се привързва към конкретен литоложки тип. Находищата също се проявяват на електромагнитните снимки. В района Батърст се използва и геохимично опробване на почвите, обаче позитивните резултати са рядкост поради покривката от глациални отложения. Детайлните проучвания винаги се съпровождат от провеждане на тестове с индуциратора поляризация и/или конвенционални съпротивителни методи. В някои случаи се прилага и сеизмично профилиране за разкриване на скритите гънки в продуктивния ВМС хоризонт. Поради гъстата бореална растителност и глациалните отложения сателитните методи на картиране на околорудни изменения и индикаторни скални формации не са ефективни. В резюме 90% от находищата са били намерени от индивидуални проучватели чрез конвенционално геоложко картиране и само 10% са продукт на високотехнологична геофизика и специално геохимия. Ново значително находище не е намерено от 1986 г. насам.

Законово регулиране на проучването и добива

Нормативната база на търсенето, проучването и добива в Канада е силно опростена и достъпна чрез уеб сайтовете на провинциалните геоложки служби (ПГС). Въпреки че в Канада има много големи минни корпорации, повечето от първоначалните открития се правят от малки фирми или индивидуални проучватели, които ползват безплатно богатата геоложка база на минните райони. Ролята на големите корпорации се изразява най-вече в набиране на средства за сондиране и икономическа оценка на намерените минерализации. Основното юридическо и физическо тяло, около което е концентрирана геоложката дейност, се нарича *проучвателен блок*. Проучвателният блок е пространство с размер 400 на 400 m, което се маркира с постоянни маркери, пирамиди, стълбчета и др, след което координатите му се вписват в провинциалната база данни. Не се разрешава маркиране на блокове на едро, за да не се даде твърде голямо предимство на големите корпорации. Всеки оператор е длъжен да плати на работници, които да отидат на терена и физически да маркират границите на минния блок или да направи това собственооръчно. Проучвателният блок се заплаща чрез прогресиращо нарастваща във времето тарифа, която прави задържането им за повече от 4–5 години нерентабилно, освен ако, разбира се, не бъде открито находище. В Нови Брунзуик първоначалната едногодишна цена за блок е 100 долара. Сред първоначалната оценка и сравнително евтино картиране и почвено опробване съдържателят на блока (или групата от блокове) е принуден да похарчи пари за канали и/или сондиране като в противен случай губи правото си

върху терена. Блокът се освобождава и така се дава възможност на друга фирма да вложи нови идеи, нова технология, повече пари и т.н. Геоложката служба е задължена да дава информация за местоположението и статута на блоковете на всеки, който я поиска. Тази информация периодично се изнася в интернет. В случай на мащабни геофизични изследвания на големи минни компании те са длъжни да предоставят придобитата от тях информация безплатно на собствениците на малки групи от блокове, над които самолетът на корпорацията прелита и събира данни. От особена важност за геологопроучвателната дейност е Асоциацията на проучвателите. Проучвателите не са непременно квалифицирани геолози. Някои са миньори или пенсионирани учители, които работят върху малки групи от блокове. Правителствата на провинциите имат фондове за подпомагане на тези хора, като им предоставят безвъзмездно ограничени средства (за химически анализи на перспективни образци или за провеждане на канава или сондаж), в случай, че провинциалните геолози решат, че находката на проучвателя е перспективна за откриване на находище. ПГС поддържат на щат висококвалифицирани геолози с международен и корпоративен опит и с добра публикационна дейност. Тези геолози консултират проучвателните фирми, провеждат картировка и търсещи работи с бюджета на службата, систематизират геоложката информация и формират регулационната политика на провинцията по отношение на проучването, минния добив и геоекологията. ПГС служби работят в тясно коопериране с Федералната геоложка служба (ФГС). ФГС се поддържа от федералния бюджет и разполага с висококвалифицирани специалисти и лаборатории във всички области на геологията. Част от геолозите от ПГС и от ФГС работят като асоциирани професори към университетите. След намирането на находище следва процес на доказване на находището. Доказването, т.е. изчисляването на запасите, се осъществява от лицензиран геолог или от фирма, наела лицензиран геолог. Изискванията при представянето на информацията за количеството и качеството на суровината са много строги и по тази причина критериите за лицензиране на такъв геолог също са строги. Докторите на науките и магистрите в областта на геологията, както и хората с доказани умения, се ползват с привилегия при лицензиране. При всички случаи лицензираните геолози не са бюрократи, а много добре подготвени практики с високо образование и практически опит, които са наясно с изменчивостта в земните недра и факторите, контролиращи качеството на суровината. Лиценз за минна дейност (отваряне на мина) се издава само след предварително изготвен план за ликвидация и рекултивация на находището след добива му. В такъв план се

изисква да се предвидят средства за рекултивация и обезопасяване на отпадъка още преди да е започнал добива, като се посочат източниците на средствата, механизма, по който ще бъдат отчислявани и начина, по който ще бъдат натрупвани и разходвани в процеса на работа. В случай на нарушаване на този план минният лизенз може да бъде отнет.

Управление на геоложката информация

ПГС обработват, съхраняват и подготвят за обществено ползване геоложката информация, която се натрупва чрез фирмените отчети и държавните проекти. Провинционалните геолози провеждат научна дейност, картиране, търсене, геофизични работи и други такива в помощ на проучването и строителството. След представяне на отчет за извършена работа по група от проучвателни блокове, всяка фирма има право на конфиденциалност за период от две години. Тоест, отчетът на фирмата не се предоставя за ползване от други хора за период от две години. След изтичане на този срок информацията се предоставя на всеки, който желае да я ползва. Заплащат се само минимални цени за фотоко-

пиране (към днешна дата за нови Брунзуик това са 7 цента за печатна страница и 3 долара за копиране на 1 m² геоложка карта или инженерен план). Няма ограничения за времето на ползване и т.н. Всички отчети се съхраняват в два екземпляра, от които единият е в архив, а другият е в читалня. В момента геоложките отчети са в процес на сканиране и пуликуване в интернет. Цялата геофизична информация също е достъпна и се предоставя срещу заплащане на хартиен или електронен носител. Например, електромагнитна карта (50 m/пиксел с площ 50 km²) в цифров вид (напълно географски привързана) се предоставя срещу 15 долара. Голяма част от тази геофизична информация е събирана от големи корпорации чрез скъпоструващи проекти, но след изтичането на периода на конфиденциалност е станала обществено достъпна. Дейността на провинциалните геолози се регулира от Меморандум за конфликт на интересите. Този меморандум включва етични норми, чието нарушаване води до загуба на работата или съд. В резюме, основната цел на геоложката служба е да служи за икономическото развитие на обществото. Вземат се мерки за да се избегне феномена на самовъзпроизвеждащата се и саморегулираща се бюрокрация, която служи само на себе си.