

ЭХ ӨГҮҮЛЭЛ

БАРУУН МОНГОЛ ДАХЬ ГОНДВАНААС ГАРАЛТАЙ АЛТАЙ-НУУРЫН БҮСИЙН ТҮРҮҮ ПАЛЕОЗОЙН МЕГА-ТОХРОЛ: ТАОБ-ИЙН ХӨГЖИЛ, ПАЛЕО-АЗИЙН ДАЛАЙН УЛИРАН ХУВЬСЛЫН АСУУДАЛ

ХУламбадрах^{1,2}

Тим Куски^{1,3}

О.Оролзолмаа⁴

Ван Лу¹

1. БНХАУ, Ухань хот, Хятадын Геологийн Их Сургуулийн Дэлхий судлалын сургууль ба Геологийн процесс, эрдэс баялгийн суурь судалгааны лабораторийн дэргэдэх Глобал тектоникийн судалгааны төв
2. Монгол, Монгол Улсын Их Сургууль, Геологи, геофизикийн тэнхим
3. БНХАУ, Ухань хот, Хятадын Боловсролын Яамны харьяа Байгалийн гамшгийн судалгааны Гурван хавцал судалгааны төв
4. Монгол, Улаанбаатар хот, Геологи, эрдэс баялгийн судалгааны төв

Хураангуй	
Хүлээн авсан: 2019.08.02	Родиниа тивийн задрал, Палео-Азийн далайн нээгдлийн үед Монголын структуруудын байрлал ямар байсан нь маргаантай, тэдгээрийн сэргээн босголт сул байна. Энэ өгүүлэлд бид ТАОБ ба Палео-Азийн далайн хувьсалтай уялдуулан Баруун Монгол дахь Нуур, Монгол Алтайн бүс, тэдгээртэй зэргэлдээ Тува-Монголын ба Төв Монголын бичил тивүүдийн тусгаар структуруудыг нэгтгэн авч үзлээ. Бид Баруун Монгол, улмаар ТАОБ-ийн Неопротерозой – түрүү Палеозойн тектоник хөгжлийн тоймыг харуулж, хувьслын шинэ загварыг дэвшүүлж байгаа юм.
Засварлагдсан: 2019.12.20	Нуурын бүс бол ТАОБ доторх офиолит, нумын бүрдлийн гол бүс юм. Офиолитын үндсэн зүсэлт Төв Монголын бичил тивийн кембрийн өмнөх талст суурьтай хиллэж байгаа зүүн захын дагуу байршсан байна. Офиолитууд хойноос өмнө тийш тархсан, нас нь төсөөтэй тогтоогдсон байна.
Зөвшөөрөгдсөн: 2019.12.26	Нуурын бүсэд сонгодог ДПС-ийн зүсэлт хадгалагдан үлдсэн байна. Нуурын бүсийн гаралтай серпентинитын меланж, бусад вулканоген-терриген зузаалаг Төв Монголын бичил тив (ТМБТ)-ийн Завханы блок дээгүүр тохролын систем байдалтай байдаг онцлогтой. Алтай-Нуурын бүсийн өмнө талыг дагасан структур Гондванаас гаралтай бичил тив, Палео-Азийн далайн хоорондох хөгжлийг тайлбарлах боломжийг олгож байгаа юм.
Түлхүүр үг: Алтай – Нуурын бүс, Төв Азийн Ороген Бүс, Монгол, далайн плитийн стратиграфи, Палео-Азийн далай	Неопротерозойгоос өмнө, Сибирь, ТМБТ хоорондын аккрецын улмаас Тува-Монголын бүс үүссэн нь сүүлд Алтай-Нуурын бүсийн зүүн захын тохролоор холбогдсон коллизын бүс болжээ. Баруун Монголын сайтар мэдэгдэж байгаа бүх офиолитууд (Агардаг, Хантайшир, Дарив), мөн Эрдэнэ Уулын офиолит 655-540 сая жилийн хооронд буюу Неопротерозойд хөгжиж байсан бичил тивүүдийн хоорондох задгай далайн үе шаттай илүү холбогдоно. Түрүү Неопротерозойд зүүн Гондваны рифтээс тасарсан Алтайн хойг маягтай бичил тив аажмаар Сибирь рүү хөдөлсөн. Энэ үед Палео-Азийн далайн зүүн зах Завханы блоктой идэвхигүй зах байдалтай хөгжиж байжээ. Алтайн бичил тив Сибирь – ТМБТ рүү хөдлөхтэй зэрэгцэн Палео-Азийн далайн плит ТМБТ рүү мөн шахаж хөдөлсөн. Дунд-хожуу Неопротерозойн үед Палео-Азийн далайн плитийн зүүн зах ТМБТ дээгүүр тохорч, офиолитын обдуку үүсгэсэн (Тас хайрхан зэрэг) бол түрүү Кембрийн үед Палео-Азийн далайн спредингийн төв (?) ТМБТ хүрч, обдуку
Харилцах зохиогч: Т.Куски, Хятадын Геологийн Их Сургуулийн Дэлхий судлалын сургууль ба Геологийн процесс, эрдэс баялгийн суурь судалгааны лабораторийн дэргэдэх Глобал тектоникийн судалгааны төв, Ухань, БНХАУ. Имэйл: tkusky@gmail.com	

зогссон байх боломжтой байна.

Неопротерозойд Палео-Азийн далайн баруун зах Гондванаас гаралтай бичил тивийн доогуур шургасан субдукц бүхий эх газрын идэвхитэй зах байдлаар хөгжиж байсан. Түрүү Кембрид субдукцын ухралт, симаунтын аккрец (Түргэн) голлох ач холбогдолтой болсон. Үүний дараа, дунд Кембри – түрүү Ордовикийн үед Алтайд томоохон турбидит хурдас хуралдсан. Девонгоос карбон хүртэл Палео-Азийн далай үлдэгдэл далай буюу томоохон тэнгис (Нуурын бүс) байдалтайгаар хадгалагдаж байсан тул тэнгисийн хурдас хуралдсаар байжээ.

ӨМНӨТГӨЛ

Аккрецийн ороген конвергент зааг дээр хөгжих ба аккрецийн шаантаг, субдукцэд орж байгаа болон түүний дээдэх плитийн хаягдал материал, арлан нум болон нумын арын бүрдэл, офиолит, түүний хэсгүүд, далайн плато, харь эх газрын блок, голч нурууны субдукцтэй холбоотой маагмын ба метаморф чулуулаг, аккрецийн дараах гранитоид чулуулаг, гранулитын фац, мөн бага зэрэг хэт өндөр даралт, температурт өртсөн метаморф чулуулаг, хэв гажилд орсон тунамал сав зэрэг янз бүрийн тектоник элементүүдээс тогтдог онцлогтой (Cawood et al., 2009; Kusky et al., 2013; Pan et al., 2019), мөн магматизм, түүнтэй холбоотой эрдэсжилтийн орчинд голлох нөлөөг үзүүлдэг байна (Cooke et al., 2005; Fu et al., 2018; Goldfarb et al., 2014; Sillitoe, 2010; Sun et al., 2010).

ТөвАзийнОрогенБүс(ТАОБ(Jahn, 2004; Khain et al., 2002, 2003; Mossakovsky et al., 1993; Windley et al., 2007; Xiao et al., 2003; Xiao et al., 2018) (Зураг 1а), мөн Алтайд гэж нэрлэгддэг бүс (Sengur et al., 1993; Sengur & Natal'in, 1996, 2004; Yakubchuk, 2004, 2017; Yakubchuk et al., 2001; Yakubchuk et al., 2005) нь

дэлхий дээрх хамгийн том аккрецийн орогены нэг ба Уралаас Номхон далай хүртэл (баруунаас зүүн тийш), Сибирь, Дорнод Европын (Балтик) кратонгоос Хойд Хятад, Таримын кратон хүртэл (хойноос урагшаа) сунан байрласан байдаг. ТАОБ Монгол, Хятад, Орос, Казахстан, Киргизстан, Узбекистан гэсэн 6 улсын нутгийг дамнан оршдог. ТАОБ Кембрийн өмнөх – Фанерозойн ороген бүсүүдийн хувьслын бүрдэл (Khain et al., 2002; Safonova et al., 2011; Sengur et al., 2018; Zonenshain et al., 1990), тухайлбал, 1 тэрбум жилийн өмнө эхлээд (Khain et al. 2002) Палео-Азийн далай хаагдаж, Сулинхээрийн сүтүр үүссэн 250 сая жил хүртэл үргэлжилсэн бүрдэл агуулсан байдаг (Xiao et al., 2003). ТАОБ-ийн хувьслын сүүлийн 20 жилийн судалгааны үр дүн 2 бүлэг таамаглалаар илэрхийлэгдэж байна (Safonova et al., 2011). Эхний хэсэг судлаачид Сибирийн өмнөд зах далайн нумууд, эсвэл Гондванаас гаралтай эх газрын блок Сибирь, Хойд Хятадын кратон руу аккрецэд орсоны үр дүн гэж үзэж байгаа (Buslov et al., 2001; Didenko et al. 1994; Laurent-Charvet et al., 2003; Wang & Liu, 1986; Xiao et al., 2010; Yin & Nie, 1996; Zonenshain et al., 1990) бол 2 дахь хэсэг нь урт сунасан цөөхөн маагмын

нумуудын эсрэг талд хуримтлагдсан, ихэвчлэн Палеозойн субдукц-аккрецын материалаас бий болсон Алтайд буюу Төв Азийн коллажийг авч үздэг (Sengur & Natal'in, 1996; Sengur et al., 1993; Sengur et al., 2018; Yakubchuk, 2008).

ТАОБ-ийн дотоод тогтоцыг илүү таньж, тайлбарлахын тулд бид хөгшнөөс залуу хүртэлх бүрдэл агуулсан, орогены төвд байрлалтай Монголын геологийн асуудал дээр төвлөрч байна. Монголын газар нутаг нь ТАОБ-ийн төвд орших Фанерозойн эх газрын царцдасын өсөлтийн онцлох муж юм.

ТАОБ-ийн хувьслын судалгаа зайлшгүй эртний супер тивүүд Родиниа, Гондвана болон Палео-Азийн далайн хувьсалтай холбогддог. Родиниа нь 1.1-0.9 тэрбум жилийн өмнө нэгдээд 750-600 сая жилийн өмнө задарсан Мезо-Неопротерозойн супер тив юм (Bond et al., 1984; Condie, 2001; Dalziel, 1991; Gladkochub et al., 2019; Hoffman, 1991; Khain et al., 2001; Li et al., 2008; McMenamin & MacMenamin, 1990; Meert & Torsvik, 2003; Moores, 1991; Pisarevsky & Natapov, 2003; Zhao et al., 2018). Родиниа задарснаар дараа нь Палео-Азийн далай үүсчээ (Buslov et al., 2001; Dobretsov et al., 2003; Khain et al., 2001; Khain et al., 2003; Li et al., 2008; Wan et al., 2018; Zhao et al., 2018; Zonenshain et al., 1990).

Родиниа тивийн задрал, Палео-Азийн далайн нээгдлийн үед Монголын структуруудын байрлал ямар байсан нь маргаантай, газарзүйн сэргээн босголт асуудал дагуулсаар байна (Badarch et al., 2002; Buslov et al., 2001; Dobretsov et al., 2003; Khain et al., 2001; Khain et al., 2003; Krüner et al., 2010; Windley et al., 2007; Xiao et al., 2018; Zonenshain et al., 1990). Монголын геологийн судалгааны 80

жилийн туршид хуримтлагдсан мэдлэг, мэдээлэл анхдагч зураглалын тайлан, сэдэвчилсэн зургууд, дотоодын төсөл, олон улсын эрдэм шинжилгээний бүтээлүүдэд тусгалаа олсон байдаг. Бид орос, монгол, англи, хятад хэл дээрх судалгааны бүтээлийн мэдээллийг нэгтгэн, бусад 10GB материалыг боловсруулсны үндсэн дээр Монголын газар нутгийн хувьд региональ геологийн бүх цугларсан мэдээлэлд тайлал хийсэн болно.

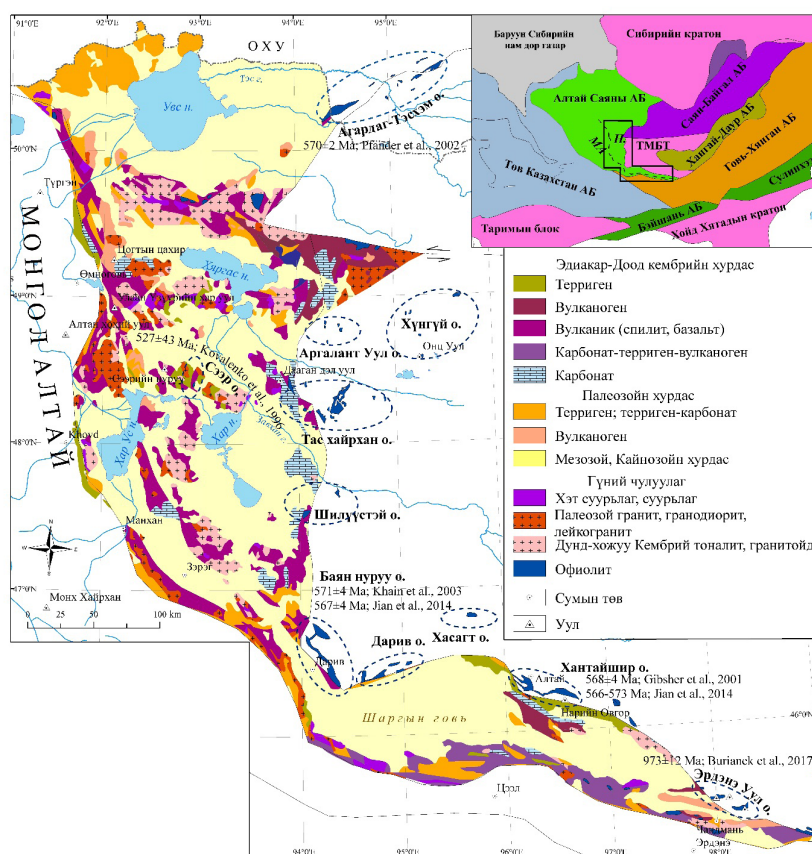
Энэ өгүүлэлд бид ТАОБ ба Палео-Азийн далайн хувьсалтай уялдуулан Баруун Монгол дахь Нуур, Монгол Алтайн бүс, тэдгээртэй зэргэлдээ Тува-Монголын ба Төв Монголын бичил тивүүдийн тусгаар структуруудыг нэгтгэн авч үзлээ. Бид Баруун Монгол, улмаар ТАОБ-ийн Неопротерозой – түрүү Палеозойн тектоник хөгжлийн тоймыг харуулж, хувьслын шинэ загварыг дэвшүүлж байгаа юм. Бидний дэвшүүлж байгаа шинэ загвараар Нуурын бүс нь офиолит, ДПС агуулдаг, Гондванаас гаралтай бичил тив, ТМБТ-ийн хооронд хавчуулагдсан, Палео-Азийн далайн плитийн үлдэцийг агуулж байгаа бүс юм.

НУУР, МОНГОЛ АЛТАЙН БҮСИЙН ГЕОЛОГИ

Нуурын бүс (Зураг 1) бол ТАОБ доторх офиолит, нумын бүрдлийн гол бүс юм (Бямба, 2009; Kovach et al., 2011; Kovalenko et al., 1996; Krüner et al., 2010; Rudnev et al., 2009; Rudnev et al., 2012; Rudnev et al., 2016; Ruzhentsev & Burashnikov, 1996; Төмөртоогоо, 2012; Yarmolyuk et al., 2011). Нуурын бүс Кембрийн вулканогентунамалчулуулаг, офиолитоос голлон тогтоно (Бямба, 2009; Дергунов и др., 1980; Kovalenko

et al., 1996; Ruzhentsev & Burashnikov, 1996; Төмөртоогоо, 2012; Зоненшайн, Кузьмин, 1978). Офиолитын үндсэн зүсэлт Төв Монголын бичил тив (ТМБТ)-ийн кембрийн өмнөх талст суурьтай хиллэж байгаа зүүн захын дагуу байршсан байна. Офиолитууд хойноос өмнө тийш тархсан, нас нь төсөөтэй тогтоогдсон байна (Гибшер и др., 2001; Jian et al., 2014; Khain et al., 2003; Pfänder et al., 2002). Өмнөх судалгааны ажлууд Хантайшир, Дарив, мөн Эрдэнэ Уулын зэрэг офиолитыг Нуурын бүстэй холбоотой (Ruzhentsev

& Burashnikov, 1996; Төмөртоогоо, 2001, 2012), харин найрлага, бүтэц, орон зай, цаг хугацааны хамаарлаараа маш төсөөтэй, ТМБТ дээгүүр тохорсон, тектоникийн хучаас байдалтай хадгалагдан үлдсэн бусад офиолит (Хасагт, Тас хайрхан зэрэг)-ыг Нуурын бүстэй холбож авч үзээгүй байна. Энэ нь Алтай-Нуурын бүс, улмаар ТАОБ-ийн ойлгоц, тектоник хөгжлийн тайлал, ялангуяа ТМБТ-ийн доогуур баруунаас зүүн тийш чиглэлтэй субдукцыг ойлгоход хүндрэл учруулж байгаа юм.



Зураг 1. (А) Нуурын бүсийн байршил, гол литотектоникийн бүсийг харуулсан ТАОБ-ийн байрлал (Map of tectonic zoning of Northern, Central and Eastern Asia, 1:2500000, 2014-аас). АБ – Атираат бүслүүр, Н. – Нуурын бүс, МА – Монгол Алтай. (Б) Бичвэрт оруулсан гол офиолитуудыг заасан Нуурын бүсийн геологийн зураг (Формационная карта МНР, 1989-аас засварлан оруулав).

Агардаг – Тэсийн офиолит гурван хэсэгт хуваагдсан ба баруун өмнөд хэсэг нь габбро, габбронорит, плагиогранитын жижиг мэшилтэй дунит, гарцбургит, верлит, пироксенит агуулсан харилцан адилгүй серпентинитжсэн хэт суурьлаг чулуулгаас тогтдог бол төвийн хэсэгт нь габбро, эвэр хуурмагт габбро, габбронорит, бага зэрэг диорит зонхилсон байна, харин зүүн хойд хэсэг нь зэрэгцээ дайкын бүрдэл, микрогаббро, цул базальт, базальт-андезит агуулдаг. Агардаг – Тэсийн офиолитын нас хожуу Неопротерозой буюу 569.6 ± 1.7 с.ж. юм (Pfänder et al. 1998; Pfänder et al., 2002; Pfänder & Krüner, 2004).

Даривын офиолит Даривын нурууны баруун талд байдаг. Даривын офиолитын нэг хэсэг болох Баян нурууны офиолит тектонитжсон дунит-гарцбургитын бүрдлийг хучсан кумулят габброид (зэрэгцээ, ан цавын дайкууд), толеитын лаавын тохролын хэсгүүдээр ялгарсан офиолитын бүрэн зүсэлтээс тогтдог (Khain et al., 2003). Офиолитын U-Pb цирконы нас 571 ± 4 с.ж. (Khain et al., 2003), 573 ± 6 с.ж. (Kozakov et al., 2002), 568 ± 5 с.ж., 567 ± 4 с.ж., 560 ± 8 с.ж. (Jian et al., 2014) гэж тус тус тогтоогджээ.

Хантайширын офиолит харьцангуй сайн судлагджээ (Didenko et al., 2001; Gibsher et al., 2001; Jian et al., 2014; Khain et al., 2003; Kovalenko et al., 1996; Matsumoto & Tomurtogoo, 2003; Plyusnin, 1980; Зоненшайн, Кузьмин, 1978). Хантайширын нуруу Дариваас зүүн тийш 150 км-т оршдог. Офиолит нь Эдиакар – түрүү Кембрийн серпентинитжсэн хэт суурьлаг чулуулгаас гүн усны цахиурлаг хурдас хүртэлх далайн царцдасын бүрэн зүсэлтээр илэрхийлэгддэг онцлогтой

(Gibsher et al., 2001; Зоненшайн, Кузьмин, 1978). Хантайширын офиолитын плагиогранитын нас (U-Pb цирконы аргаар) 568 ± 4 с.ж. (Gibsher et al., 2001; Khain et al., 2003), 573 ± 8 с.ж., 566 ± 7 с.ж. (Jian et al., 2014) байна. Хантайширын офиолитын ойролцоо Нуурын бүсийн зүүн өмнөд төгсгөлд тодорхойлогдсон экологитын нас Ar-Ar аргаар 543 ± 3.9 с.ж. (Štípský et al., 2010) гарсан бол агуулагч ортогнейсын насыг Ar-Ar аргаар 573 ± 15 с.ж. (Lehmann et al., 2010) гэж тогтоосон.

Сээр – Гэрийн нуруу офиолит Нуурын бүсийн дунд байдаг. Түүний ерөнхий тогтоц ногоон чулуун хувиралд орсон бөмбөлөг базальт зонхилох спилит-диабазын лааваар хучигдсан меланократ суурийн чулуулаг (үеллэг габбро, зэрэгцээ дайк ээлжилсэн бүрдэл)-аас тогтоно (дороос дээш). Суурьлаг лаав, диабазын силл нь лаавбрекч, цахиурлаг туф, туффит, нарийн хэмхдэст цахиурлаг чулуулаг болсон байна. Спилит-диабазын зузаалаг базальт, андезит, дацит, плагиогранит агуулсан карбонат – терриген – вулканоген зузаалгаар хучигдсан байдаг (Kovalenko et al., 1996; Yarmolyuk et al., 2011). Офиолитын нас Sm-Nd аргаар Сээрийн нуруунд 527 ± 43 с.ж. (Kovalenko et al., 1996), Гэрийн нуруунд 522 ± 13 с.ж. (Kovalenko et al., 1996) гэж тус тус тогтоогдсон.

Даривынофиолитыг хучсан деформацид орж эвдрээгүй элсэн чулууны детрит цирконы нас 497.6 ± 1.0 с.ж., Даривын нуруун дахь конгломератын гранит, кварц порфирын том хайрганд Pb-Pb цирконы аргаар тогтоосон нас 492 ± 1.0 с.ж., 539.7 ± 1.0 с.ж. (Dijkstra et al., 2006) тус тус гарчээ. Нуурын бүсийн баруун захын дагуу байгаа талст

занарын насыг 487 ± 6 с.ж. (Kovalenko et al., 1996) гэж тогтоосон.

Нуурын бүсийн гранитоид бүрдэл түрүү Кембрээс Силүрийн эхэн (540–440 с.ж.) хүртэлх маш өргөн хязгаарт үүссэн, тэдгээрийн интрузив арлан нумаас аккрец, аккрецийн дараах геодинамикийн орчныг заахуйц байдаг (Kovach et al., 2011; Kovalenko et al., 1996; Rudnev et al., 2009; Rudnev et al., 2012; Rudnev et al., 2016; Soejono et al., 2016; Yarmolyuk et al., 2011). Янз бүрийн маагмын чулуулгаас ялгасан циркон дээр хийсэн U-Pb геохронологийн мэдээллээр, Бумбат хайрханы массивын плагиогранит 535 ± 6 с.ж. (Rudnev et al., 2012), Хар толгой, Шар толгой массивын диорит 529 ± 6 с.ж., тоналит - плагиогранит 531 ± 10 с.ж. ба 519 ± 8 с.ж. (Rudnev et al., 2009), Баян хайрхан, Бор хярын массивын тоналит 514 ± 8 с.ж., шүтлэг гранит 449 ± 1 с.ж., гранит 511 ± 2 с.ж. (Yarmolyuk et al., 2011), Тогтохын шилийн бүрдлийн гранит 459 ± 2 с.ж. (Soejono et al., 2016) настай байдаг. Диорит- тоналит – плагиогранитын ассоциацийн толейтын эгнээний чулуулаг нь арай залуу (494 ± 10 с.ж.), Шар толгой массивын баруун талд орших Хяргаснуур массивын шохойлог – шүтлэг гранитын нас (495 ± 2 с.ж.)-тай ойролцоо байдаг (Rudnev et al., 2009). Аккрецын дараах хурдас, чулуулагт Силүр, Девон, Миссиссипийн тэнгисийн тунамал, вулканоген чулуулаг, Пермь, Юра, Цэрдийн хэмхдэст хурдас, Ордовикын кварц диорит, гранодиорит, гранит (U-Pb циркон нас 451-464 с.ж.; Kozakov et al., 1999b), Девоны шүтлэг массив (U-Pb циркон ба Rb-Sr изохрон нас 380-390 с.ж.; Kovalenko et al., 1995), мөн Пермийн шүтлэгдүү гранитын массивууд хамаарагддаг (Badarch et al.,

2002).

Монгол Алтай (Зураг 2) нь Орос, Монгол, Хятад, Казахстаныг дамнасан Алтайн нурууны Монголын хэсэг юм. Монгол Алтайн геологийн суурь хожуу Неопротерозойгоос Девон хүртэлх урт удаан хугацаанд үүссэн, 4 томоохон стратиграфийн бүрдлээр илэрхийлэгддэг (Дергунов и др., 1980; Төмөртоогоо, 2014).

Цагааншувуутын бүс Монгол Алтайн нурууны баруун хойд талын зүүн хэсэгт жижиг шаантаг хэлбэртэйгээр ялгагддаг. Энд хожуу Неопротерозой – түрүү Кембрийн офиолит, диорит, гранодиоритоор урагдсан (K-Ar аргаар 456 ± 23 с.ж.; Гаврилова, 1975) Палеозойн (?) гнейсс, амфиболит, мигматит, занар, кварцит, метаэлсэн чулуу болон Ордовик, Силүрийн андезит, туф, элсэн чулуу, алевролит, бага зэргийн брахиопод (*T. gigantea sp.*, Badarch et al., 2002)-той шохойн чулуу агуулагддаг. Хожуу Неопротерозой – Кембрийн офиолит серпентинит, габброид, ногоон чулуун хувиралд орсон базальтаас тогтох ба Монгол Алтайн атираат системийг бүхэлд нь уллаж байгаа эртний далайн царцдасын үлдэц гэж үзэж байгаа юм. Офиолит нь эрчимтэй деформацид орсон, серпентинитын меланж болон өөрчлөгдсөн байдаг.

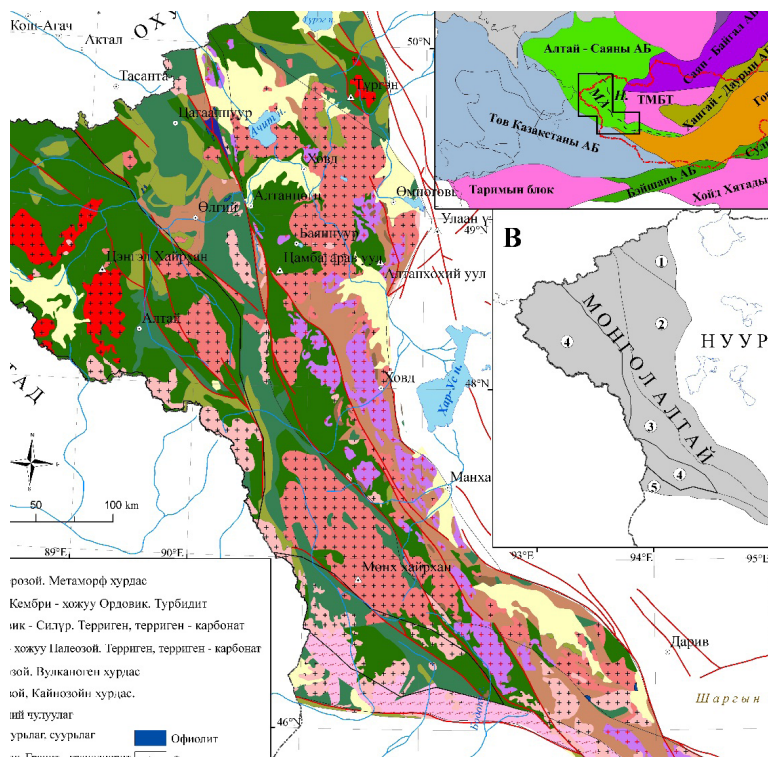
Офиолиттой хамт Байрам, Түргэний бүсэд доод хэсэгтээ гантиг, кварцитын нарийн үелэлтэй ногоон занар, дээд хэсэгтээ силл, урсгал базальттай үелсэн терриген флиш бүхий метаморф бүрдэл (Төмөртоогоо, 2014), мөн 512 с.ж. настай пикрит, пикробазальт, пикродолерит (Izokh et al., 2010; Izokh et al., 2011) байдаг.

Ховдын бүс Монгол Алтайн зүүн захаар оршдог. Бүс нь дунд Кембри

– түрүү Ордовикын зузаан, нэгэн жигд, карбонатын найрлага байхгүй терриген элсэн чулуу – алевролитын багц үе, Силүрийн базальт, диабаз, туф, элсэн чулуу, граптолиттой шаварлаг занараас тогтоно (Дергунов и др., 1980). Ховдын бүсийн тунамал вулканоген хэмхдэст чулуулаг нь ногоон занар – амфиболитын фаацын метаморфизмд орсон, баруун өмнө тийш хандсан тохролоор харилцан адилгүй деформацид орсон байдаг (Badarch et al., 2002). Эдгээр чулуулаг габбро, диорит, гранодиорит, плагиогранитын биетүүдээр зүсэгдсэн (K-Ar аргаар 456-440 с.ж. настай; Гаврилова, 1975) байдаг. Чулуулгийн бүрдэл нь хагарлаар хязгаарлагдаж эвдэрсэн блок, тохролын хучаас, мөн тектоник хэсэг байдалтай илэрнэ. Зарим газарт хэт суурьлаг чулуулаг, габбро, диабаз агуулах меланж бий. Хучаас хурдаст Девон, Миссиссипийн вулканоген тунамал чулуулаг ба Пермь, Юрын шүлтлэгдүү гранитын биетүүд ордог (Badarch et al., 2002). Өлгийн бүс Ховдын бүстэй залгаа баруун талд нь оршдог (Төмөртоого,

2012). Үелээгүй офиолит бүрдэл (Венд (Эдиакар) – хожуу Кембрийн настай байх боломжтой), хожуу Ордовик – Силүрийн терриген карбонат чулуулаг, туфээс тогтоно. Ховдын хагарлын дагуу офиолит нь серпентинитын меланж болон өөрчлөгдсөн байдаг.

Таван Богдын бүс Монгол Алтайн баруун талд байрлах ба баруун тийш Орос, Хятад руу сунан үргэлжилнэ (Badarch et al., 2002; Бямба, 2009; Дергунов и др., 1980; Dobretsov et al., 1995; Төмөртоого, 2012). Энд зонхилон дунд Кембри – түрүү Ордовикын маш зузаан, метаморфизмд орсон хэмхдэст, вулканоген хэмхдэст чулуулаг, дундлаг-суурьлаг вулканитын зузаалаг агуулагддаг. Зузаалаг нь K-Ar аргаар 400-456 с.ж. настай гэж тодорхойлогдсон (Гаврилова, 1975) шохойлог – шүлтлэг диорит, гранодиорит, гранитын биетүүдээр зүсэгдсэн байна. Зузаалгийн дотор Неопротерозойн настай байж магадгүй базальт, андезит, туф, бага зэрэг шохойн чулууны мэшил агуулсан блок, хэсэг, меланжууд байдаг (Badarch et al., 2002; Төмөртоого, 2012).



Зураг 2. Монгол Алтайн геологийн зураг (Формационная карта МНР, 1989-аас засварлан оруулав). Б зургаар Монгол Алтайн бүсүүдийг харуулав. 1-Цагааншувуут, 2-Ховд, 3-Өлгий, 4-Таван Богд, 5-Бодонч-Цээл.

Монгол Алтайн интрузив чулуулаг Палеозойн хүчиллэг магматизмын 2 томоохон талбайд хуваагддаг. Хойд талын Хархираагийн талбайд Ховдын бүрдэлийн гранитоид, Хархираагийн гранит – шүлтлэг гранитын бүрдэл гадарга дээр сайн илэрсэн бий (Гаврилова, 1975). Геологийн мэдээлэл, зарим радиологийн (K-Ar арга) үр дүнгээр Ховдын бүрдэл Силүрийн үед (426–413 с.ж.), Хархираагийн бүрдэл дунд-хожуу Девоны үед (374–342 с.ж.) үүсчээ (Гаврилова, 1975). Тэдгээрээс гадна Түргэний диорит – тоналит – гранодиоритын бүрдэл (456–440 с.ж.), Халзангийн ховор металт шүлтлэг гранитын бүрдэл (378±18 с.ж.) (Kovalenko et al., 2003), мөн Пермийн габбро-сиенит-гранитын

ассоциацийн жижиг биетүүд байдаг. Өмнө талын Алтайн интрузив маагмын талбайд 4 өөр насны бүлэг гранитоид чулуулаг ордог (Гаврилова, 1975). Эхний бүлэгт (440-430 с.ж.) тоналит, гранодиорит, адамеллит, ердийн ба хоёр гялтгануурт гранит (Цагаан голын бүрдэл, 440 с.ж., Гаврилова, 1975; Цэнхэрийн голын бүрдэл, 430±3 с.ж. монцодиорит, Soejono et al., 2017) орох бол хоёрдугаар бүлэгт (398–349 с.ж.) Алтайн бүрдлийн биотитот, турмалин-биотитот гранит порфирын хэд хэдэн массивууд (Чандмань массив, 340-356 с.ж., Hanžl et al., 2008) ордог. Гуравдугаар бүлэгт 317–263 с.ж.-ийн настай биотитот, хоёр гялтгануурт ба мусковитот гранитууд (Сагсай массив, 309 ± 2 с.ж., Burianek et al., 2016) ордог.

Jiang et al. (2012) гранит гнейст $\varepsilon_{\text{Hf(t)}}$ сөрөг утга, >1.0 тэрбум TDM загвар нас бүхий зарим ксенокрист циркон элбэг байгаа нь дүүргийн хэмжээнд гадаргад илрээгүй эртний царцдас оршсоор байж магадгүй гэж тэмдэглэжээ. Үүнийг эс тооцвол, геохронологийн үр дүнгийн ихэнх нь 250-аас 397 с.ж. хооронд хэлбэлзэх Палеозойн чулуулаг зонхилж байгааг зааж байгаа юм (Baykova & Amelin, 1994; Bibikova et al., 1992; Demoux et al., 2009a; Helo et al., 2006; Jiang et al., 2012; Козаков, 1986; Kozakov et al., 2002, 2007).

Нуур-Монгол Алтайн бүсийн өмнө тал, Алтайн өвөр говьд явагдсан саяхны судалгаа Палеозойн нумын төрлийн гранитоид магматизмын судалгаа (Burianek et al., 2017; Hrdličková et al., 2008; Krüner et al., 2010; Soejono et al., 2016) дээр үндэслэн Их Монголын нумын системийг дэвшүүлэн тавьж байгаа (Janousek et al., 2018). Энэ нь далайн царцдасаас эх газрын царцдас руу шилжих шилжилттэй холбогдож магадгүй юм гэж бид үзэж байна.

ДПС БҮХИЙ НУУРЫН БҮС ПАЛЕО-АЗИЙН ДАЛАЙН ҮЛДЭГДЭЛ ХЭСЭГ МӨН ҮҮ?

Далайн плитийн стратиграфи (ДПС)-г “далайн литосферийг төлөөлөх бялхмал чулуулгийн зузаалаг, мөн улааж байгаа далайн суурь голч нуруунаас гүн усны ховил хүртэл хөдөлж байгаатай зэрэгцэн далайн ёроолд хуралдсан тунамал, бялхмал чулуулгийн тунашийг хамтад нь ойлгоно” гэж тодорхойлж байна (Kusky et al., 2013; Kusky et al., 2018). Сонгодог ДПС-ийн зүсэлт голч нурууны базальт – цахиурлаг чулуулаг (шохойн чулуу) – гүн усны шаварлаг чулуулаг – элсэн чулуу/ конгломерат/

турбидитээр илэрхийлэгдэх (Maruyama et al., 2010) боловч ДПС-ийг сэргээн босгох тохиромжтой загвартай холбоотойгоор хэд хэдэн боломжит хувилбар байна (Wakita & Metcalfe, 2005; Maruyama et al., 2010; Wakita, 2012; Kusky et al., 2013; Kusky et al., 2018), тухайлбал, далайн суурийн төрлүүд өөр болохоор, мөн далайн суурь хөдөлсөөр өөр өөр төрлийн конвергент зааг болох тул хуралдаж байгаа тунаш хуримтлал эртний хурдсын төрөл (карбонат зэрэг), залуу хурдас хуралдах хүртэл орчны хувилбарыг бий болгоно (Kusky et al., 2013; Kusky et al., 2018).

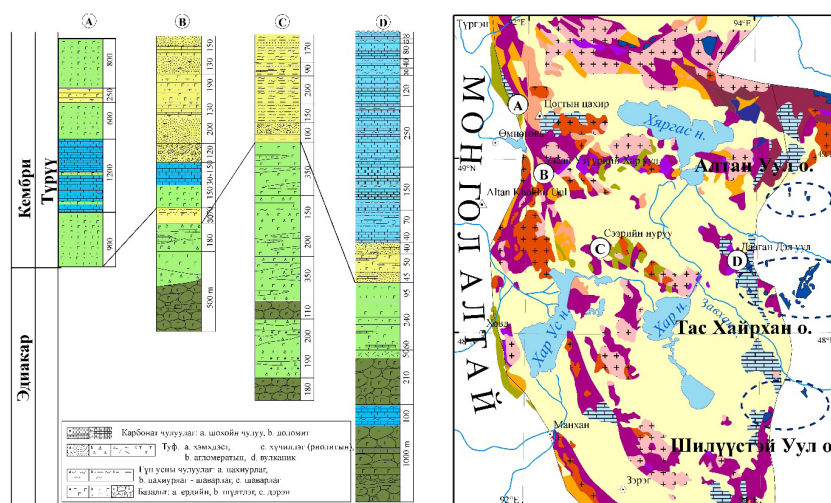
Эдиакар – түрүү Палеозойн Төв Азийн далайн царцдасын бүрэлдэхүүн хэсэг байсан Нуурын бүсийн офиолитууд (Зураг 4) нь цахиурлаг хурдастай базальтын, терриген хурдастай базальт – андезит – дацитын ялгарсан гэх 2 үндсэн ассоциацид хуваагддаг (Kovalenko et al., 1996). Нуурын бүсийн зүүн захад нас, найрлагаараа адилхан 3 гол офиолитын зүсэлт байдаг. Үүнд, тус бүрдээ 570 ± 2 с.ж. (Pfänder et al., 1998), 571 ± 4 с.ж. (Khain et al., 2003), 573 с.ж. (Jian et al., 2014) гэж нас нь тогтоогдсон, мөн эртний далайн царцдасын үлдэц болох нь тайлагдсан Агардаг – Тэсхэм, Баян нуруу, Хантайширын офиолит бүрдэлүүд орно. Найрлагын хувьд тэдгээр нь дунит, гарцбургит, верлит, пироксенитоос тогтох серпентинитжсэн хэт суурьлаг чулуулаг, габбро, эвэр хуурмагт габбро, габбронорит, бага зэрэг диорит зонхилсон үеллэг зузаалаг, диабазын зэрэгцээ дайк, бөмбөлгөн лаав, гүн усны цахиурлаг хурдас (хас, цахиурлаг занар)-тай байна (Didenko et al., 2001; Dijkstra et al., 2006; Jian et al., 2014; Khain et al., 2003; Matsumoto &

Tomurtogoo, 2003; Pfänder et al., 2002; Зоненшайн, Кузьмин, 1978).

Нуурын бүсийн вулканоген тунамал хурдаст вулканитаас гадна олистостромын үетэй терриген – цахиурлаг – туффитын, цахиурлаг – карбонатын, цахиурлаг – терриген зузаалаг орно (Дергунов и др., 1980). Бүсийн тэнхлэгийн хэсэгт томоохон талбайд дундажаар 1500 м зузаантай, рифийн шохойн чулуутай базальт-андезит (Ханхөхий, Улааншандын нурууд), базальт – андезит – риолитын формац илэрсэн байна. Базальт – андезит – риолитын ялгарсан вулканик чулуулаг нь туффит ихээр агуулагдсан цахиурлаг – тунамал чулуулагтай орон зайн хамааралтай оршиж байгаа нь түгээмэл байна. Тиймээс бүсийн тэнхлэг хэсэгт, арлан нумын галт уулын хэсгүүд, тэдгээртэй зэргэлдээ галт уул хоорондын тунамал хотгорууд байна гэж үзэж байсан (Төмөртоого, 2002, 2014).

Pfänder et al. (2002) болон Matsumoto & Tomurtogoo (2003) нарын үзсэнээр,

арлан нумын формац, офиолит бүрдлүүд нь шавхагдсан мааньтын адил эх үүсвэртэй далайн дундах субдукцын бүсэд үүсч байжээ. Венд (Эдиакар) – түрүү Кембрийн вулканоген тунамал хурдасын өөр төрөл Нуурын бүсийн зүүн хойд, баруун өмнө талд байдаг. Зүүн хойд талын толейтын чулуулаг археоциатын болон замагт шохойн чулуу агуулсан цахиурлаг – карбонатын формацаар нийцлэг хучигдсан байна. Баруун өмнө талд, доод хэсэг нь археоциатын шохойн чулуутай карбонат/ цахиуржсан базальтын формацад таарах бол дээд хэсэг нь терриген – туффитын формац байна. Сүүлчийн бүрдэл (цахиуржсан чулуулаг, рифын шохойн чулуутай шүлтлэгдүү базальт) нь далайн гайотын зүсэлтэд хамаарна (Төмөртоого, 2002). Нуурын бүсийн Венд (Эдиакар) – түрүү Кембрийн вулканоген тунамал формац нь бүх газарт эрчимтэй хэв гажилд орсон, тектоникийн хучаас, олон тооны изоклиналь атираат структур болсон байдаг.



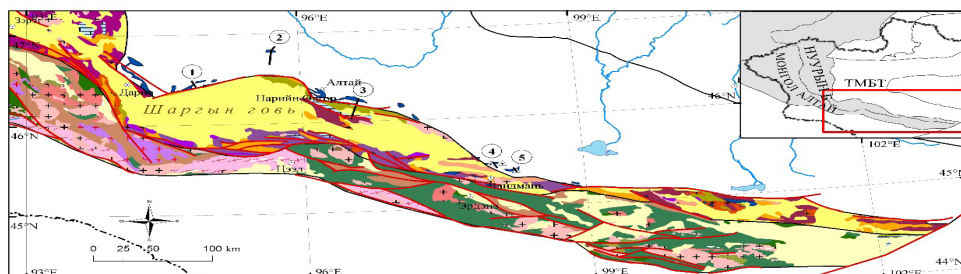
Зураг 4. ДПС-ийг заах Нуурын бүс дэх стратиграфийн багана. Баруунаас зүүн тийш, А – Түргэн, В – Улааншанд, С – Сээрийн нуруу, D – Даагандэл (Жамьяндорж нар, 1976; Самозванцев нар, 1981-ын материалаас засварлан оруулав)

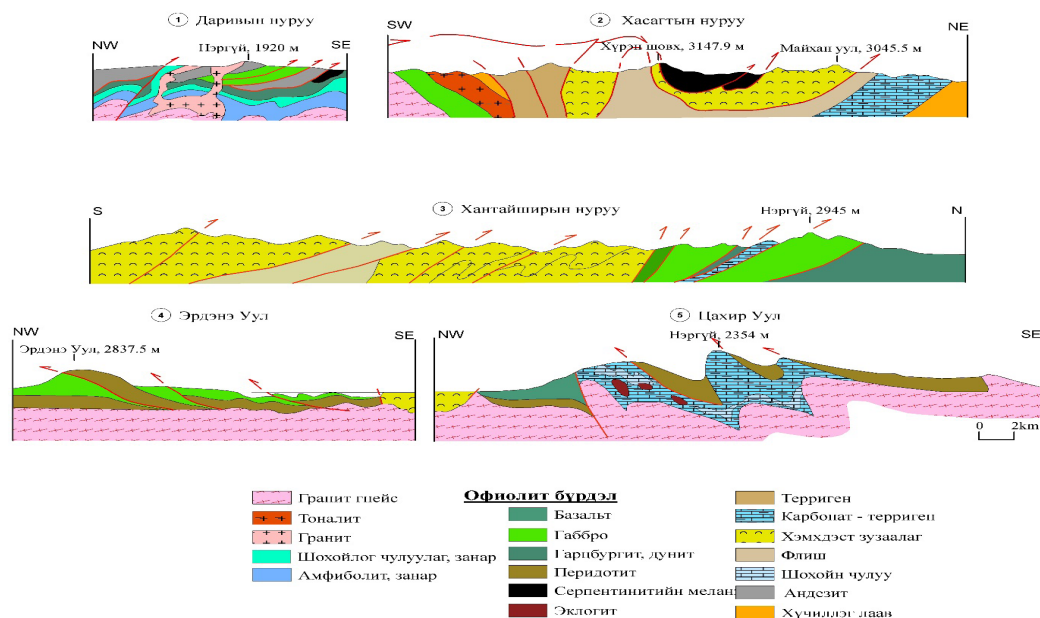
Нуурын бүсийн баруун хойд талын үеллэг габбро (Хайрханы интрузив) нь оливинт габбро, габбронорит, троктолит, анортозит, плагиоверлит, плагиоцерцолит холилдсон найрлагатай байна (Izokh et al., 1990). Түүний насыг U-Pb SHRIMP аргаар 511 ± 12 с.ж. гэж тодорхойлжээ (Izokh et al., 2009). Баруун хойд талын Цагааншувуутын бүсэд пикрит, пикробазальт, пикродолеритын нас 512 ± 6 с.ж. гарсан (Izokh et al., 2010). Нуурын бүсийн зүүн өмнө талд, Замтын нуруунд өндөр даралтын эклогитын жижиг гарш байдаг (Štnerpskб et al., 2010). Энэ өндөр даралтын чулуулгийг Байдраг, Завханы эх газрын блокын Эдиакар - түрүү Кембрийн хучаас арилсан субдукцын үлдэц (Buriбnek et al., 2017), Нуурын бүсийн офиолит зузаалагтай хамтдаа Неопротерозойн олон удаагийн далайн субдукцыг илэрхийлэх анхдагч далайн орчин (Skuzovatov et al., 2018) зэргээр тайлсаар байна. Эклогит дахь фенгит агуулсан занарлаг үешил, метапелит дахь өндөр даралтын структурын хөрөлтийн насыг Ar-Ar аргаар 540 с.ж. гэж гаргасан (Štnerpskб et al., 2010).

АЛТАЙ-НУУРЫН БҮСИЙН ТҮРҮҮ ПАЛЕОЗОЙН МЕГА-ТОХООС

Нуурын бүсийн серпентинитын

меланж, бусад вулканоген тунамал хурдас ТМБТ-ийн Завханы блок дээгүүр тектоник хучаасын систем байдлаар тохрон гарсан байдаг онцлогтой. Үүнийг илэрхийлэх гол гарш Даривын нурууны хойд хажуу Баян нуруунд, Нарангийн массивын хойд бэлийн дагуу, мөн Ханхөхийн нурууны өмнөд бэлд Ичээтийн голын эхээр байдаг. Хамгийн эртний деформацийн явц Кембрийн өмнөх атираат суурь дээрх Хантайширын офиолит, Шахир уул формацийн эклогитын меланжийн түрүү Кембрийн тохрол (Štnerpskб et al., 2010), мөн Даривын офиолит дахь синтектоник ба пост-тектоникийн диоритын түрэлтээс өмнөх тохролын нас 514.7 ± 7.6 с.ж. (ширконы U-Pb SHRIMP, Dijkstra et al., 2006) гэж тогтоогдсонтой холбоотой байна. Khomentovsky & Gibsher (1996) нарынхаар хожуу Неопротерозой – түрүү Кембрээс хожуу Кембри – түрүү Ордовикын цаг үед Нуурын бүсийн субдукцтэй холбоотой бүрдэл Байдрагийн блокын шельф дээгүүр тохорч байсан. Эдгээрээс гадна, Даривын офиолит Даривын атираат суурь дээгүүр тохорч байсан (Khain et al., 2003), эсрэгээр Даривын атираат суурийн чулуулаг Даривын офиолит дээгүүр тохорсон (Dijkstra et al., 2006; Макарычев и др., 1986) гэж үзсэн нь ч бий.



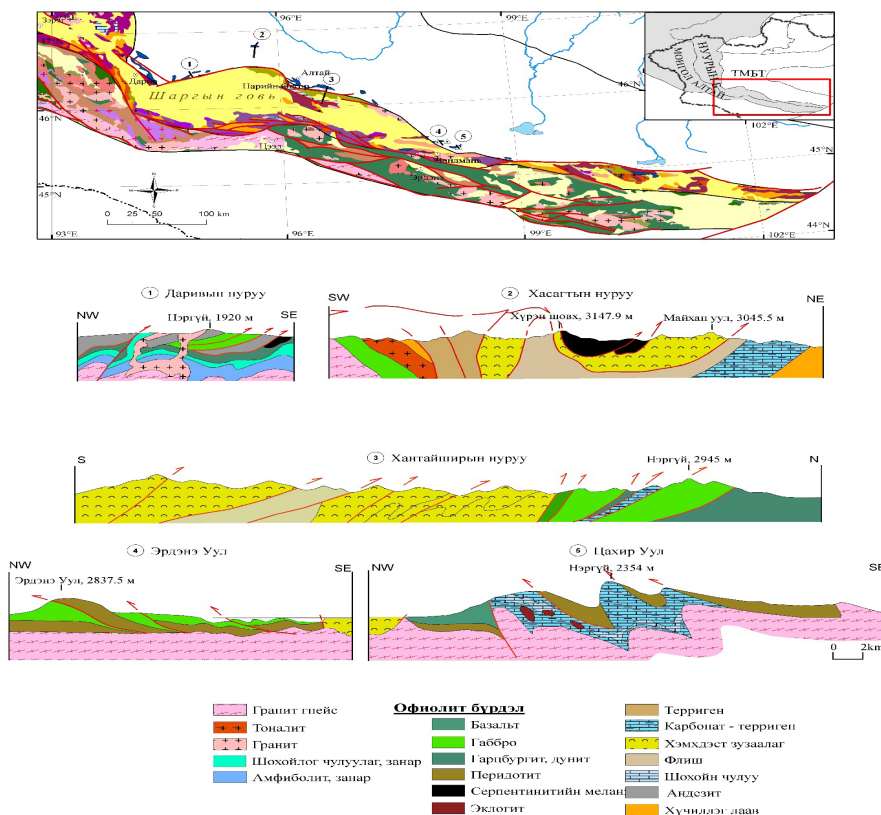


Зураг. 5 Офиолит бүрдэл бүхий Төв Монголын бичил тивийн дагуу хөгжсөн Монгол Алтай – Нуурын бүсийн структур. Дугуй доторх тоогоор доор оруулсан структурын зүсэлтийн байршлыг харуулав. Таних тэмдэгийг Зураг 1-ээс харна уу. Тохролын чиглэлийг нарийвчлан сэргээн босгож чадаагүй боловч Агардаг, Дарив, Хантайшир, мөн Эрдэнэ уулын офиолитын бүс баруунаас зүүн тийш хандсан өргөн шугаман бүс болохыг тэмдэглэж (Төмөртоогоо, 2001; Burianek et al., 2017), Нуурын бүсийг дагасан параллель хэсгүүд дээрээс үндэслэн офиолит одоогийн координатад хойноос өмнө чиглэлд ойролцоогоор түрж байсан гэж санал болгосон (Lehman et al., 2010).

Завхан, Байдрагийн блок дээгүүрх тохролыг зөвхөн жижиг талбайд судалсан (Dijkstra et al., 2006; Khain et al., 2003; Ruzhentsev & Burashnikov, 1996; Štnerpsk6 et al., 2010) бол бид нийт дүүргийн хэмжээнд холбоог нь гаргаж байна.

Алтай – Монголын бүс Кембрийн өмнөх суурьтай Гондванаас гаралтай бичил тив (Berzin et al., 1994; Buslov et al., 2004; Buslov et al., 2004; Dobretsov & Buslov, 2007; Dobretsov et al., 2003; Li et al., 2006; Mossakovsky et al., 1993;

Safonova et al., 2017; Wilhem et al., 2012; Zonenshain et al., 1990), эсрэгээр Японы арал эсвэл Андын төрлийн идэвхитэй зах шиг томоохон субдукц – аккрецын бүрдэл (Cai et al., 2011a; Cai et al., 2011b; Long et al., 2007, 2010; Sengur & Natal'in, 1996; Sengur et al., 1993; Xiao et al., 2004, 2018)–тэй холбоотой хөгжсөн гэж үзсээр байна. Бид тайлалтаасаа үндэслэн Кембрийн өмнөх суурьтай Гондванаас гаралтай бичил тивийн хөгжилтэй холбоотой гэх үзлийг дэмжиж байна.



Зураг 5a (үргэлжлэл) ТМБТ-ийг дагасан хэсгийн структурыг харуулсан зүсэлтүүд: 1 – Дарив офиолит, Khain et al., 2003, 2- Хасагт офиолит, Ruzhentsev and Burashnikov, 1996, 3 – Хантайшир офиолит, Ruzhentsev and Burashnikov, 1996, 4 – Эрдэнэ Уул офиолит, Štnrskb et al., 2010, 5 – эклогит агуулсан Цахир уул бүрдэл, Štnrskb et al., 2010. Зүсэлтийн хэвтээ, босоо масштабыг ижил дүрслэв.

Неопротерозойд Гондванаас тасарсан бичил тивийн таамаглал нь геологийн, литологийн, стратиграфийн, палео-соронзонгийн, мөн цөөхөн Sm–Nd изотопын мэдээлэл дээр үндэслэсэн (Buslov et al., 2001; Glorie et al., 2011; Hu et al., 2000; Li et al., 2006; Wang et al., 2009; Xiao et al., 2019) бол бид региональ структурын мэдээлэл дээр суурилж байна.

ТМБТ-ийг дагасан Алтай – Нуурын бүсийн өмнөд хэсгийн структур (Зураг 5) Гондванаас гаралтай бичил тив, Палео-Азийн далайн хоорондын

хөгжлийг тайлбарлаж чадахуйц хадгалагдан үлджээ.

Үүний зэрэгцээ, Монгол Алтайн өмнө талын геологийн тогтоц Кембрийн өмнөх цаг үед Алтай – Нуурын бүс хамтдаа хөгжиж байсан болохыг заадаг.

Монгол Алтайн геологийн суурийг хожуу Неопротерозойгоос Девон хүртэлх 4 том стратиграфийн зузаалаг үүсгэдэг (Дергунов и др., 1980; Dergunov et al., 2001). Тэдгээрийн эхнийх болох хожуу Неопротерозой – Кембрийн зузаалаг ялгараагүй

офиолитоос тогтох ба Толбо нуур, Ховдын хагарлын хооронд орших бүсийн тэнхлэгийн хэсэгт голдуу илэрсэн байдаг. Ихээхэн деформацид орсон, серпентинитын меланж, габброид, ногоон чулуун базальтын найрлагатай офиолитыг эртний далайн царцдасын үлдэц гэж үзэж байна.

Хоёрт, дунд Кембри – түрүү Ордовикын зузаалаг өргөн тархсан ба маш зузаан (5000 м илүү), карбонатын найрлагагүй, нэгэн жигд терриген элсэн чулуу – алевролитын хурдасаар илэрхийлэгдэнэ. Энэ нь эх газрын захын турбидит хурдас ба офиолитын хамт Монгол Алтайн гол ороген бүрдлийг үүсгэдэг, мөн зарим талаар эх газрын идэвхгүй захын формацийг төлөөлнө гэж үздэг (Dergunov et al., 2001; Төмөртоого, 2014).

Гуравд, дунд Ордовик – түрүү Силүрийн зузаалаг томоохон хотгорыг дүүргэсэн ба структурын үл нийцлэл, эрозийн гадаргаар тусгаарлагдсан 3 хэсгээс тогтдог (Дергунов и др., 1980; Минжин, Ариунчимэг, 2008). Түүний доод хэсэг дунд Ордовикын граптолит, дунд-хожуу Ордовикын бентос малтмал бүхий 250-1000 м – ийн зузаантай карбонат – терриген хурдас, дунд талд нь хожуу Ордовикын малтмалтай порфирит, туф, рифийн шохойн чулуу, граптолитын занарын найрлагатай вулканоген – терриген хурдас (2000 м хүртэл зузаантай), дээд талдаа түрүү Силүрийн малтмалтай полимикт элсэн чулуу, алевролит зонхилсон вулканоген тунамал хурдас (1500 м зузаан)-аас тогтоно.

Дөрөвт, грабен синклиналь, хөндий, хотгорт хуралдсан байх боломжтой хожуу Силүр – Девоны настай зузаалаг нь хожуу Силүрийн терриген моласс, түрүү-дунд Девоны шүлтлэгдүү

вулканоген хэмхдэст чулуулгаас тогтоно (Дергунов и др., 1980; Төмөртоого, 2014).

Талбайд тархсан гүний чулуулаг түрүү Палеозой (Е-О), дунд Палеозой (D-C₁), Пермь - Триас (P-T)-ын тектоник маагмын явцад таарах 3 гол үе шатанд үүссэн (Burianek et al., 2016; Cai et al., 2015; Гаврилова, 1975; Kovalenko et al., 1996, 2003; Kozlovsky et al., 2015; Pavlova et al., 2008; Soejono et al., 2017).

Хятадын Алтайд деформаци, метаморфизмын 3 төрөл тухайн холбогдох чулуулгуудад тогтоогдсон байна. Эхнийх нь царцдас дунд зэрэг зузаарах үед үүссэн дунд даралт, дунд температурын Барровын метаморфизм, хоёрт нь баруун хойноос зүүн өмнө чиглэсэн хожуу Девон – түрүү Карбоны царцдасын агшилтанд автаж, тэлэлтийн орчин, түүний дараах син-субдукцын гранитоидтой холбоотой бага даралт, өндөр температурын Буханы төрлийн метаморфизм, гуравд нь буюу сүүлийн үе шатанд Хятадын Алтайн ороген бүс, Жунгаарын нумын системийн хоорондох Пермийн коллиз зүүн хойноос баруун өмнө хандсан царцдасын агшилтын явцыг бий болгож, царцдаст атираажилт, экстрүүз үүссэний улмаас өндөр даралт, өндөр температурын гранулит, мигматитын метаморфизмыг тодорхойлсон (Broussolle et al., 2019).

Нөгөө талаар, одоогийн Монгол Алтай нь Энэтхэг – Евразийн коллизийн алсын шахалтын улмаас эх газрын дотор буюу плитийн дундах транспресс ороген дахь атираат суурийн блокуудын хоорондох дахин идэвхижсэн, механикын хувьд сул бүс юм (Cunningham, 2005; Cunningham et al., 1996, 1997). Тэгэхээр Кембрийн

өмнөх ба Палеозойн тектоник нь Мезозой, Кайнозойн эрчимтэй тектоникоор өөрчлөгдсөн байх ёстой. Монгол Алтайн өнөөгийн тектоник идэвхшилийг сейсмийн идэвхит байдал, Дөрөвдөгчийн хагарлын ан цав, идэвхтэй хошуурсан туугдастай хиллэсэн шугамлаг уулс, мөн идэвхит тектоникийн бусад геоморфологийн явцууд заадаг.

Cunningham (2005)-ын үзэж байгаагаар, одоогийн Монгол Алтайд тохролын шаантагийн тогтоц байхгүй боловч баруун хойш суналтай тохрол, хойш – баруун хойш суналтай баруун гарын шилжил идэвхит хагарлууд зонхилж байна. Алтай – Нуурын бүс дэх эртний хагарлуудын Кайнозойн дахин сэргэлтийн талаарх судалгаа хараахан дуусаагүй, гэхдээ хөгжиж байгаа бүтэц, структурын хөнтрөх байдал, нурууны топографийг хянаж байгаа чухал явц орон нутгийн чанартай байхаар харагдаж байна. Кайнозойн хагарлын байдал, Палеозойн хагарал хоорондын тэргүүлэх ач холбогдол бүхий холбоос, ялангуяа Нуурын бүсийн баруун захаар байна.

БАРУУН БА ТӨВ МОНГОЛ ДАХЬ НЕОПРОТЕРОЗОЙ, ТҮРҮҮ ПАЛЕОЗОЙН СТРУКТУРУУДЫН ТЕКТНИК ХӨГЖИЛ

Сүүлийн 20-иод жилийн геохронологийн (Anisimova et al., 2009; Bibikova et al., 1992; Demoux et al., 2009; Dijkstra et al., 2006; Kotov et al., 1995; Kozakov et al., 1997; Kozakov et al., 2002, 2007, 2011; Krüner et al., 2001; Krüner et al., 2015; Митрофанов и др., 1985) ба палео-соронзонгийн судалгаа (Didenko et al., 2001; Kovalenko, 2010; Levashova et al., 2010; Pisarevsky &

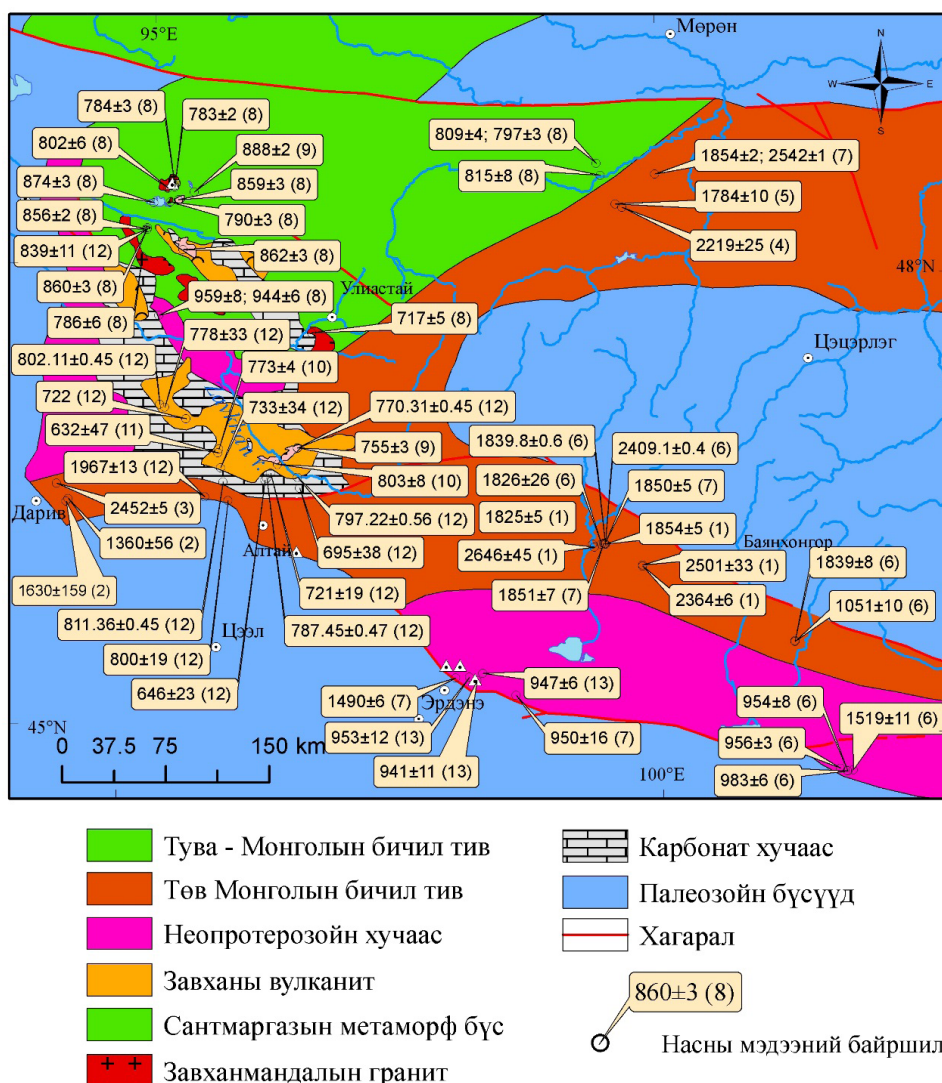
Natarov, 2003) Төв Монголын бичил тивийн зарим блокууд (Зураг 6) Родиниа нэгдэхээс өмнө Сибирь, Хойд Хятадын кратонуудын хооронд оршиж байсан болохыг зааж байна.

Архейгаас Палеопротерозой хүртэлх насны Кембрийн өмнөх царцдас Төв Монголын бичил тивийн Байдраг, Дарив, Тарвагатайн блокуудад сайн бичиглэгдсэн байгаа (Kozakov et al., 2012). Байдрагийн блокын хамгийн эртний чулуулаг тоналитын ба хоёр пироксент гнейсын SHRIMP цирконы нас 2.80–2.65 тэрбум жилийг заасан (Митрофанов и др., 1985; Kozakov et al. 2007). Эдгээр чулуулгийн хэмжээнд бий болсон сүүлийн дулааны явц метапелитээс гарсан метаморф цирконы хувьд хамгийн багадаа 1839 ± 1 с.ж. (Pb–Pb цирконы ууршилтын нас, Dijkstra et al., 2006) настай, гранулитын фацийн метаморфизмын оргил үеийг илэрхийлдэг. U–Pb цирконы аргаар 1825 ± 5 с.ж. гэж нас нь тогтоогдсон (уламжлалт арга; Kotov et al. 1995) пост-тектоникийн гранит Кембрийн өмнөх энэ талст блокын эцсийн нягтралыг заана. Байдрагаас зүүн өмнө Бага Богдын массивд түрүү Неопротерозойн гранитын интрузив түрэлтийн нас 983 ± 6 с.ж., 956 ± 3 с.ж., 954 ± 8 с.ж. болохыг тус тус тогтоосон (SHRIMP цирконы нас, Demoux et al., 2009).

ТМБТ-ийн Даривын блок доторх диорит гнейсын протолит түрэлтийн нас 1426 ± 1 с.ж. (Pb–Pb циркон ууршилтын нас) байна (Krüner et al., 2001). Алтай хотын ойролцоо Хантайширын нуруунд 1127 ± 1 с.ж., 1715 с.ж. талстжилтын настай (Pb–Pb циркон ууршилтын нас) хуучин ксенокрист циркон бүхий порфирлог гранит гнейс бий (Krüner et al. 2001). Алтай хотын ойролцоох мигматитын цирконы SHRIMP нас 840 ± 9 с.ж.

гарсан боловч мөн 2,445-аас 1,440 с.ж. хүртэлх настай уламжилсан циркон агуулсан байдаг (Zhao et al., 2006). ТМБТ-ийн Тарвагатайн блок дахь Идэр бүрдлийн дотоод структур анортозит

түрэх (1778 ± 10 с.ж., Anisimova et al., 2009) хүртэл ойролцоо насны хязгаарт (1865–1875 с.ж., Kozakov et al., 2011; Krüner et al., 2015) үүссэн байжээ.



Зураг 6. Төв Монголын бичил тивийн геологийн хуваалт. Хайрцагт тэмдэглэсэн геохронологийн насны эх сурвалж: (1) Kozakov et al., 2007, (2) Kozakov et al., 2002, (3) Dijkstra et al., 2006, (4) Kozakov et al., 2011, (5) Anisimova et al., 2009, (6) Demoux et al., 2009, (7) Krüner et al., 2010, 2014, 2017, (8) Kozakov et al., 2011, 2012, 2013, 2014, 2017, (9) Yarmolyuk et al., 2008, 2015, (10) Levashova et al., 2010, (11) Ovchinnikova et al., 2012, (12) Uyanga et al., 2016, (13) Burianek et al., 2017

Бичил тивийн царцдасын хэсгүүдийн гарал үүсэл ихэнх тохиолдолд тодорхойгүй байна. Тэдгээрийг Гондваны зүүн захаас гаралтай (Didenko et al. 1994; Dobretsov & Buslov, 2007; Dobretsov et al., 2003; Filippova et al., 2001; Kheraskova et al., 2003; Mossakovsky et al., 1993), Сибирийн кратоноос гаралтай (Berzin et al. 1994; Kuzmichev et al., 2001; Yarmolyuk et al. 2006; Zonenshain et al., 1990), хоёулангаас нь гаралтай (Buslov et al. 2001), бүр Таримын блокын гаралтай (Khain et al., 2003) хэсгүүд гэж янз бүрээр тайлсан байна. Гэхдээ хожуу Мезопротерозойгоос түрүү Неопротерозой хүртэлх маагмын явц Сибирийн кратоны захаас хэт алсад тэмдэглэгдээгүй байсаар байна (Gladkochub et al. 2006; Pisarevsky & Natapov 2003; Smelov & Timofeev 2007), мөн тунамал зузаалгийн тархалт голдуу идэвхигүй захын орчныг илэрхийлдэг (Pisarevsky et al., 2008). Байдрагийн блок, бусад олонх ТАОБ-ийн бичил тивүүд Палеопротерозойн суурьтай нь тодорхой учраас тэдгээр нь томоохон эх газрын блокын хэсэг байсан гэх саналыг дэвшүүлсээр байна (Levashova et al., 2010; Levashova et al., 2011).

Родиниа тивийн нэгдлийн гол фаз, Палео-Азийн далайн нээгдэл 800-750 с.ж.-ийн дотор илэрдэг (Khain et al., 2001; Li et al., 2008; Zhao et al., 2018). ТАОБ дэх Родиниагийн гол структурыг ТМБТ-ийн Завханы блок, Тува – Монголын бичил тивийн хэсгүүд илэрхийлдэг.

Холбоо нуурын бүрдлийн терриген чулуулгийн Nd загвар нас (1.3 тэрбум), түүнийг зүссэн Баяннуур массивын гранитын нас (U-Pb циркон, 790 ± 3 с.ж.), Баяннуурын бүрдлийн талст чулуулаг дахь өндөр температурын

метаморфизмын нас (802 ± 6 с.ж., U-Pb циркон) зэргээс үндэслэн Завханы блокын нас 1.3–0.8 тэрбум жилийн дотор байх ёстой боловч чулуулаг нь ТМБТ-ийн Кембрийн өмнөх суурь хамаатай илэрхийлэгдэж чадахгүй байна (Kovach et al., 2013; Kozakov et al., 2012, 2013, 2014). Конгломератын хайрганд байгаа плагиогранитын нас (874 ± 3 с.ж., U-Pb циркон; Anisimova et al., 2012)-ны мэдээлэл Холбоо нуурын бүрдлийн терриген чулуулгийн эх үүсвэрийн насны асуудалд чухал ач холбогдолтой байна. Ургамалын бүсийн метатерриген чулуулгийн детрит циркон дээрх геохронологийн судалгааны үр дүн тэдгээрийн эх үүсвэрийн нас 900-820 с.ж.-ийн хязгаарт зонхилж байгааг харуулж байна (Kozakov et al., 2014). Завханмандалын бүсийн метатерриген чулуулгийн детрит цирконы нас 900-840 с.ж.-ийн хооронд хэлбэлзэж байсан байна. Энэ үеийг зүссэн габбродиоритын нас цирконы U-Pb аргаар 860 ± 3 с.ж. байна (Kovach et al., 2013; Kozakov et al., 2013). Иймээс Ургамал – Завханмандалын бүсийн мета-тунамал чулуулаг ойролцоогоор 900-860 с.ж.-ийн хооронд зонхилон үүсчээ.

Завханы вулканитын нас (U-Pb циркон 803 ± 8 с.ж., Levashova et al., 2010; 802 ± 1 с.ж., Uyanga et al., 2016) таамагласан Родиниагийн задралын эхлэлтэй нийцэж байгаа ба тэдгээрийг голдуу рифтийн вулканит гэж тайлсан байгаа (Burashnikov & Ruzhentsev, 1993; Ilyin, 1990; Khain et al., 2003; Levashova et al., 2010). Yarmolyuk et al. (2017) нарын үзсэнээр, Завханы блокын Завханмандалын бүс дэх вулканоген ба вулканоген – тунамал зузаалаг нь далайн голч нуруу, далайн арал, далайн

дундах арлан нумын орчинд үүссэн ба вулканиттай холбоотой терриген чулуулгийн эх үүсвэр ойроос байжээ. Завханы (Завханмандалын бүс) ба Тарвагатайн (Жаргалантын бүс) блокын структурыг харьцуулан үзэхээр Сонгино – Тарвагатайн аккрецийн террейн, эх газрын тогтвортой массив руу далайн плитийн арлан нум, турбидитын бүрдэл аккрецэд орсоньг зааж байна.

632 ± 14 с.ж. настай (U-Pb арга, Ovchinnikova et al., 2012) Завханы блокын карбонат хучаас (Цагаан олом формац) суурийн мигматитжсан гнейс, Неопротерозойн гранитоид, арлан нумын ба терриген чулуулаг (Завхан формац)-ийг хучсан байна. Цагаан олом формацын уланд байгаа Майхан уул формацын элсэн чулууны детрит цирконы судалгаа Неопротерозойн буюу 954–731 с.ж. насыг заасан. Энэ нь карбонат чулуулаг хуримтлагдаж байх үед эдгээр чулуулаг хэзээний суурийн хэсэг болсон, орон зайн хувьд түүнтэй ойр байсан болохыг илэрхийлж байгаа юм (Kovach et al., 2015; Kozakov et al., 2017).

Didenko et al. (2001) нар Гондваны зүүн тал рифтэд орсонь дараа ТМБТ үүссэн, тэдгээрийн хооронд толейтын магматизмтай далайн сав (Дарив, Хантайширын офиолит) хөгжсөн нь эртний өргөрөгийн 10°N орчимд байсан гэж тайлсан нь бий.

Монголын Кембрийн өмнөх эх газрын царцдасын томоохон структуруудын нэг нь Тува – Монголын бичил тив/массив юм (Зураг 7). Kuzmichev & Larionov (2013) нарынхаар, массивын геологийн түүх тус бүрдээ 200 с.ж. үргэлжилсэн түрүү Байгалийн (1000–800 с.ж.), хожуу Байгалийн (800–600 с.ж.) гэх 2 томоохон үе шатанд

хуваагдаж байна. Түрүү Байгалийн үе шат 1000-810 с.ж.-ийн үед Палео-Азийн далайн захаас алс хол орших Дөнжгөрийн арлан нум, Гарганы эх газрын блокын идэвхигүй зах гэсэн 2 тектоник структур байсан. Дараа нь 810 с.ж.-ийн орчимд Дөнжгөрийн арлан нум Гарганы эх газрын блокой коллизод орсон. Коллизийн нас Сумсунурын бүрдлийн деформацид ороогүй тоналитад 785 ± 11 с.ж. гарсан нь асуудал дагуулж байна (Kuzmichev et al., 2000). Хожуу Байгалийн үе шатны эхлэл 810 с.ж. байна. Энэ үе шатанд тодорхойлогдсон 3 тектоник структурт Дархад – Сархойн эх газрын нум (Kuzmichev & Larionov, 2011), Хөг – Ока аккрецийн призм (Kuzmichev et al., 2007; Скляров и др., 1996), Шишихидийн арлан нум (Kuzmichev et al., 2005) орно.

Дархад – Сархойн эх газрын нум 805–770 с.ж.-ийн үед Тува – Монголын массивын эх газрын эртний суурь доогуур шургасан субдукцын үр дүнд үүсчээ (Kuzmichev & Larionov, 2011). Хожуу Байгалийн үе шатны 2 дахь структур болох Хөг – Ока аккрецийн призм Сархойн идэвхитэй захын өвөр хэсэгт үүссэн. Энэ структурын хэмжээнд ганц геохронологийн мэдээлэл байгаа нь түүнийг түрсэн суурьлаг силлийн 753 ± 16 с.ж. (U-Pb циркон, TIMS) нас юм (Kuzmichev et al., 2007). Хожуу Байгалийн үе шатны 3 дахь структур нь Шишихидийн арлан нум юм. Шишихидийн нумын хүчиллэг вулканитын нас 800 ± 2.6 с.ж. гарсан (Kuzmichev et al., 2005). Нум нь Палео-Азийн далайд тусгаар байсан, ~600 с.ж.-ийн орчимд Сибирь тивийн Дархад - Сархойн идэвхитэй захтай коллизод орсон (Kuzmichev, 2004).

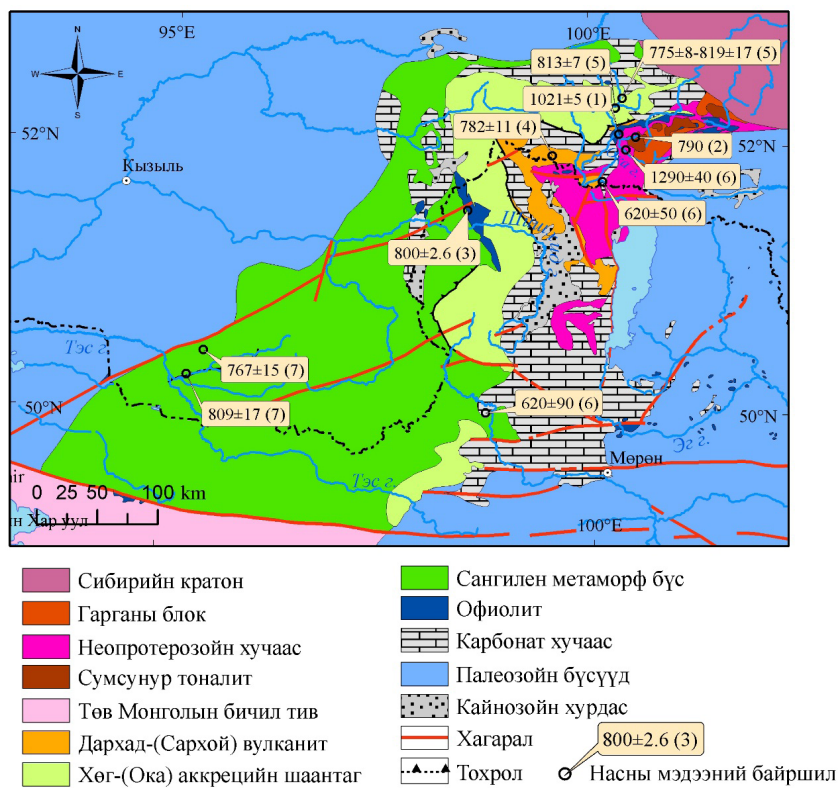
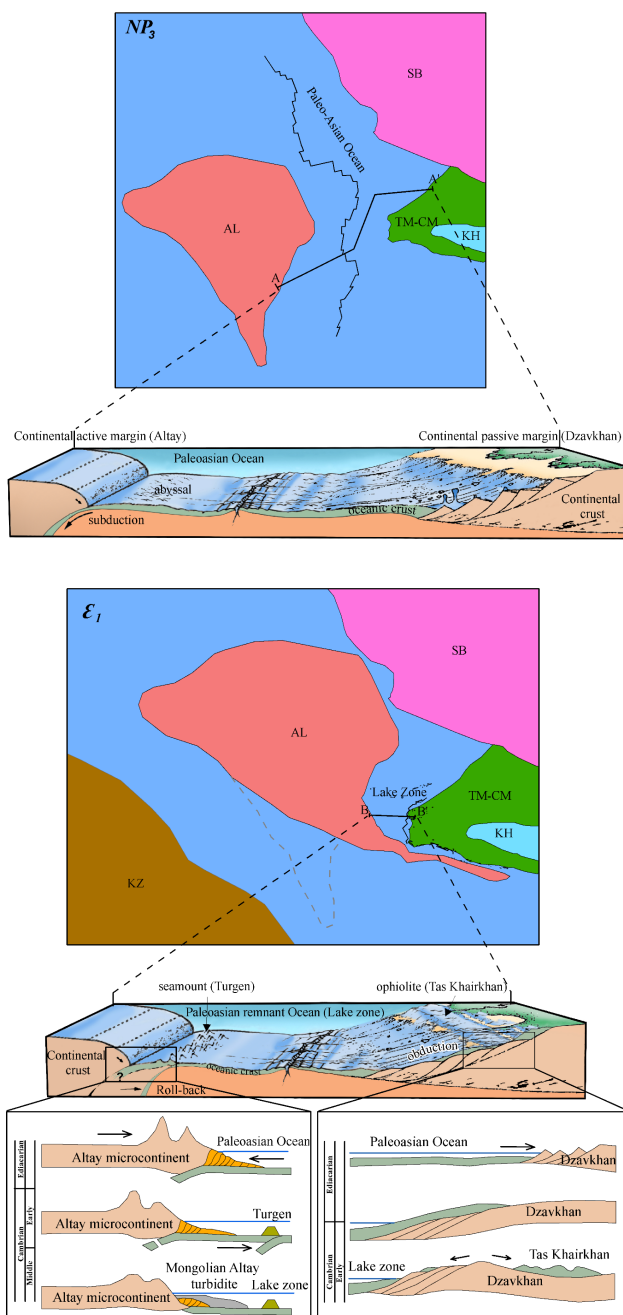


FIGURE 7 Тува–Монголын бичил тивийн гол геологийн бүрдэлүүд (Kuzmichev et al., 2001; Safonova et al., 2017 нарын материалаас засварлан оруулав). Хайрцагт тэмдэглэсэн геохронологийн насны эх сурвалж: (1) Khain et al., 2003, (2) Kuzmichev et al., 2001, (3) Kuzmichev et al., 2005, (4) Kuzmichev et al., 2011, (5) Kuzmichev et al., 2013, (6) Kuznetsov et al., 2018, (7) Kozakov et al., 2005

Тува – Монголын бичил тивийн шельфийн карбонат хучаас 620 ± 90 с.ж. (Kuznetsov et al., 2018) настай ба нийлмэл гаралтай суурийн элэгдсэн рельеф дэх хотгорт хуримтлагдсан гэх байдлаар тайлж байна. Зөвхөн хожуу Эдиакарт жигд, гүехэн рельефтэй шельф үүссэн учраас бичил тивийн хаяаны гүехэн сав газрын захаар фосфоритын хуримтлал үүсчээ (Kuznetsov et al., 2018). Uyanga et al. (2016) нарынхаар, Төв Монголын бичил тив, Тува – Монголын бичил тив тусдаа байсан гэдэгтэй палеонтологийн мэдээлэл мөн нийцэж

байгаа юм. Завханы блокоос трилобит тодорхойлогдоогүй байхад Хөвсгөлийн савын Terreneuvian трилобит Сибирин трилобитээс өөр байдаг байна (Blvaro et al., 2013). Монголд Ордовик, Силүрийн шүр элбэг, Силүрийн Tuvaella брахиопод бага тархацтай байгаа нь Фуронгоос Силүр хүртэл Сибирин захын террейнүүдтэй холбоотой байсан гэдэгтэй таарч байна (Ulitina et al., 2009). Монголын өмнөд, зүүн хойд тал, тэдгээрийн зүүн хойд талын террейнд өвөрмөц Tuvaella брахиопод олдсон нь Сибирин кратонд байдаггүй (Wang et al., 2011). Түүнээс гадна,

Монгол, Сибирээс олдсон Ордовикын салсан байдаг (Harper et al., 2013). брахиоподын бүл Ордовикын дараа



Зураг 8. Неопротерозой – түрүү Палеозойн хөгжлийн хялбаршуулсан загвар. Неопротерозой – түрүү Палеозойн хойд зүг хаашаа чиглэж байсан нь хараахан шийдэгдээгүй байгаа учраас энэ загварт хойд зүг заасан сум оруулаагүй. Блок диаграммыг Google нээлттэй эх сурвалжийн мэдээлэл ашиглан зургийн програмаар

боловсруулсан. СБ – Сибирийн кратон, ТМ-ТөМ – Тува-Монголын ба Төв Монголын бичил тивүүд, АБ – Гондванаас гаралтай Алтайн бичил тив, ХХ – Хангай – Хэнтийн далай, КЗ – Казахстаниа бичил тив

Неопротерозойгоос өмнө Сибирь, ТМБТ-ийн хоорондох аккрецийн улмаас Тува-Монголын бүс үүссэн байсан нь хожим Алтай–Нуурын бүстэй нэгдэж, түүний зүүн захын тохролд нөлөө үзүүлсэн. Баруун Монголын бүх сайн судлагдсан офиолит (Агардаг, Хантайшир, Дарив), мөн Эрдэнэ уулын офиолит (Төмөртоого, 2001; Burianek et al., 2017) Неопротерозойн буюу 655-540 с.ж. дотор гулсаж байгаа бичил тивтэй “задгай далай”-н орчинд ихэвчлэн таарч байна (Jian et al., 2014; Burianek et al., 2017).

Түрүү Неопротерозойд, Гондваны зүүн тал рифтэд орсоны дараа салсан Алтайн хойг маягийн бичил тив аажмаар Сибирь тийш хөдөлж байсан. Энэ цаг үед, Палео-Азийн далайн зүүн эрэг Завханы блокын идэвхигүй зах болон хөгжиж байжээ. Алтайн бичил тив Сибирь – ТМБТ рүү хөдлөхтэй зэрэгцэн Палео-Азийн далайн плит ТМБТ рүү зэрэг шахагдан хөдөлсөн.

Дунд –хожуу Неопротерозойн үед, Палео-Азийн далайн плитийн зүүн хэсэг ТМБТ дээгүүр тохорч, офиолитын обдукц (Тас хайрхан зэрэг) үүсгэсэн ба түрүү Кембрийн үед Палео-Азийн далайн спредингийн төв (?) ТМБТ хүрснээр обдукц зогссон.

Неопротерозойд, Палео-Азийн далайн баруун зах Гондванаас гаралтай бичил тивийн доогуур субдукц үүсгэсэн, эх газрын идэвхитэй зах байдлаар хөгжиж байсан. Түрүү Кембрид субдукцын ухралт, симаунтын аккрец (Түргэний) голлох ач холбогдолтой байв.

Үүний дараа дунд Кембри – түрүү Ордовикын үед Алтайд томоохон

турбидит хурдас хуримтлагдсан. Девоноос Карбон хүртэлх үед, Палео-Азийн далай үлдэгдэл далай буюу том тэнгис (Нуурын бүс) байдлаар оршиж байсан, Сибирь, Гондванаас гаралтай бичил тивийн хожуу Кембрийн коллиз (Buslov et al., 2001, 2013; Cai et al., 2015; Glorie et al., 2011; Wilhem et al., 2012)-ын дараа тэнгисийн хурдас хуралдаж байжээ.

Гондванаас гаралтай бичил тивийн гулсалт, субдукцын ухралттай холбоотойгоор маагмын чулуулаг үүсч байсан. Нуурын бүсийн эх газрын царцдас руу хувирсан нь Сээрийн нуруун дахь үеллэг габброид (527 ± 43 с.ж.), тоналит – трондьемитын массив (514 ± 8 с.ж.)-ын түрэлт зэрэг интрузив магматизмтай холбогдоно.

ДҮГНЭЛТ

- Алтай нь Гондваны зүүн тал задарсны дараа хөдөлж, сүүлд Сибирь – Монголын эх газартай коллизод орсон Гондванаас гаралтай бичил тивийн хэсэг юм.
- Алтайн бичил тивийн хөдөлгөөнөөр Палео-Азийн далайн плит зэрэг хөдөлсөн ба Палео-Азийн далай дунд Палеозойн үед аажмаар хаагдсан.
- Алтай – Нуурын бүсийн урд хэсэг ТАОБ дотор хадгалагдсан ТМБТ-ийн дагуух структурыг үүсгэсэн. Палео-Азийн далайн плитийн зүүн тал Завханы блок дээгүүр тохорсон бол баруун зах нь одоогийн Нуурын бүс, Монгол Алтай байдлаар хадгалагдан үлдсэн.

- Монгол Алтайн турбидит хурдас Гондванаас гаралтай бичил тивийн эх газрын идэвхитэй захаас угшилтай ажээ.
- Мөн субдукцын ухралт, симаунтын аккрец (Түргэний) үүссэн байсан.
- Нуурын бүс нь эртний Палео-Азийн далайн плитийн үлдэц, сонгодог ДПС бүхий талбай юм.

ТАЛАРХАЛ

Бид редактор Сиао Венжиао болон нэрийг нь мэдэхгүй 2 шүүмжлэгчид бичвэрийг сайжруулах үнэтэй санал өгсөнд гүн талархал илэрхийлж байна. Мөн блок диаграм бэлдэхэд туслалцаа үзүүлсэн Ч.Жүгдэрнамжилд талархал илэрхийлж байна. Энэ судалгааг Хятадын Байгалийн Шинжлэх Ухааны Үндэсний Сан (№ 91755213, 41961144020), Төсөл 111 (BP0719022), Хятадын Геологийн Их Сургуулийн Геологийн процесс, эрдэс баялгийн суурь судалгааны лабораторийн Тусгай сан MSFGPMR02-3 санхүүжүүлэв.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

Elvaro, J.J., Ahlberg, P., Babcock, L.E., Bordonaro, O.L., Choi, D.K., Cooper, R.A., ..., Hughes, N.C. (2013). Global Cambrian trilobite palaeobiogeography assessed using parsimony analysis of endemism. In D. A. T. Harper, & T. Servais (Eds.), *Early Palaeozoic biogeography and palaeogeography* (pp. 273–296). Geological Society, London, Memoir 38. <https://doi.org/10.1144/M38.19>

Anisimova, I.V., Kozakov, I.K., Yarmolyuk, V.V., Kozlovsky, A.M., Kovach, V.P., Kudryashova, E.A., ..., Eenzhin, G. (2009). Age, sources, and geological

position of anorthosites of Precambrian terranes of Central Asia: example from the Khunzhilingol Massif, Mongolia. *Doklady Earth Sciences*, 428 (1), 1120–1125. <https://doi.org/10.1134/S1028334X09070186>

Badarch, G., Cunningham, W.D. & Windley, B.F. (2002). A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21 (1), 87–110. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00017-2)

Baykova, V.S., & Amelin, Yu.V. (1994). The Sm-Nd age of the Gashunnur dike complex, Mongolia. *Doklady Akademii Nauk*, 334 (2), 343–345 (in Russian).

Berzin, N.A., Coleman, R.G., Dobretsov, N.L., Zonenshain, L.P., Xiao, X., & Chang, E. (1994). Geodynamic map of the western part of the Paleasian Ocean. *Russian Geology and Geophysics*, 35 (7-8), 8–28 (in Russian).

Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Kozakov, I.K., Kotov, A.B., Neymark, L.A., Gorokhovskiy, B.M., & Shuleshko, I.K. (1992). U-Pb ages for polymetamorphic complexes on the southern flank of the Mongolian and Gobi Altai. *Geotectonics*, 26 (2), 166–172 (in Russian).

Bond, G.C., Nickerson, P.A., & Kominz, M.A. (1984). Breakup of a supercontinent between 625 Ma and 555 Ma: new evidence and implications for continental histories. *Earth and Planetary Science Letters*, 70 (2), 325–345. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(84\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90017-7)

Broussolle, A., Sun, M., Schulmann, K., Guy, A., Aguilar, C., Štířpský, P., ...,

- Xiao, W. (2019). Are the Chinese Altai "terrane" the result of juxtaposition of different crustal levels during Late Devonian and Permian orogenesis?. *Gondwana Research*, 66, 183-206. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.11.003>
- Burashnikov, V.V. (1990). Tectonics of the Urgamal zone, Early Caledonides of western Mongolia. PhD Thesis. Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 1-25 (in Russian).
- Burashnikov, V.V., & Ruzhentsev, S.V. (1993). The Upper Riphean-Vendian Shargyngol rift complex: the Hasagtyn Nuru Ridge, Western Mongolia. *Doklady Akademii Nauk*, 322 (1), 54-57.
- Buričnek, D., Janoušek, V., Hanžl, P., Jiang, Y., Schulmann, K., Lexa, O., & Battushig, A. (2016). Petrogenesis of the Late Carboniferous Sagsai pluton in the SE Mongolian Altai. *Journal of Geosciences*, 61, 67–92. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.207>
- Buričnek, D., Schulmann, K., Hrdličkov, K., Hanžl, P., Janoušek, V., Gerdes, A., & Lexa, O. (2017). Geochemical and geochronological constraints on distinct early Neoproterozoic and Cambrian accretionary events along southern margin of the Baydrag continent in Western Mongolia. *Gondwana Research*, 47 (7), 200–227. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.09.008>
- Buslov, M.M., Safonova, I.Yu., Watanabe, T., Obut, O., Fujiwara, Y., Iwata, K., ..., Kazansky, A.Yu. (2001). Evolution of the Paleo-Asian Ocean (Altai-Sayan region, Central Asia) and collision of possible Gondwana-derived terranes with the southern marginal part of the Siberian continent. *Geosciences Journal*, 5 (3), 203–224. <https://doi.org/10.1007/BF02910304>
- Buslov M.M., Fujiwara Y., Iwata K., & Semakov N.N. (2004). Late Paleozoic-Early Mesozoic geodynamics of Central Asia. *Gondwana Research*, 7 (3), 791 -808. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)71064-9](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)71064-9)
- Buslov M.M., Watanabe T., Fujiwara Y., Iwata K., Smirnova L.V., Safonova I.Yu., ..., Kiryanova, A.P. (2004). Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: tectonic pattern and model of formation. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23 (5), 655—671. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(03\)00131-7](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00131-7)
- Buslov, M.M., Geng, H., Travin, A.V., Otgonbaatar, D., Kulikova, A.V., Chen M., ..., Trofimova, D.A. (2013). Tectonics and geodynamics of Gorny Altai and adjacent structures of the Altai–Sayan folded area. *Russian Geology and Geophysics*, 54 (10), 1600—1627 (in Russian).
- Buyakaite, M.I., Kuzmichev, A.B., & Sokolov, D.D. (1989). A 718 Ma Rb-Sr isochron age of Sarhoy series in Eastern Sayan. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 309 (1), 150-154 (in Russian).
- Byamba, J. (1996). Tectonics of old structures and phosphates of Mongolia (181 p.). Ulaanbaatar, Mongolia: Admon (in Russian).
- Byamba, J. (2009). Plate tectonics of the lithosphere. *Geology and mineral resource of the Mongolia series* (Vol. 4) (487 p.), Ulaanbaatar, Mongolia: Soyombo printing (in Mongolian).
- Byamba, J., & Dejidmaa, G. (1999). Geodynamics of the Mongolian Altay. *Mongolian geoscientist*, 3, 2-25 (in Mongolian).

- Mongolian).
- Cai, K., Sun, M., Yuan, C., Long, X., & Xiao, W. (2011). Geological framework and Paleozoic tectonic history of the Chinese Altai, NW China: a review. *Russian Geology and Geophysics*, 52 (12), 2056–2074 (in Russian).
- Cai, K., Sun, M., Yuan, C., Zhao, G., Xiao, W., Long, X., & Wu, F. (2011). Geochronology, petrogenesis and tectonic significance of peraluminous granites from the Chinese Altai, NW China. *Lithos*, 127 (1-2), 261–281. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.09.001>
- Cai, K., Sun, M., Yuan, C., Zhao, G., Xiao, W., Long, X., & Wu, F. (2011). Prolonged magmatism, juvenile nature and tectonic evolution of the Chinese Altai, NW China: evidence from zircon U–Pb and Hf isotopic study of Paleozoic granitoids. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42 (5), 949–968. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.11.020>
- Cai, K., Sun, M., Jahn, B.-M., Xiao, W., Yuan, Ch., Long, X., ..., Tumurkhuu, D. (2015). A synthesis of zircon U–Pb ages and Hf isotopic compositions of granitoids from Southwest Mongolia: Implications for crustal nature and tectonic evolution of the Altai Superterrane. *Lithos*, 232, 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2015.06.014>
- Cai, K., Sun, M., Buslov, M.M., Jahn, B.-M., Xiao, W., Long, X., ..., Voytishchik, E.E. (2016). Crustal nature and origin of the Russian Altai: Implications for the continental evolution and growth of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB). *Tectonophysics*, 674, 182–194. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.02.026>
- Cawood, P., Krüner, A., Collins, W., Kusky, T.M., Mooney, W.D., & Windley, B.F. (2009). Accretionary orogens through Earth history. In *Earth accretionary systems in space and time* (pp. 1–36). Geological Society, Special Publications (Vol. 318). <https://doi.org/10.1144/SP318.1>
- Chen, M., Sun, M., Cai, K., Buslov, M.M., Zhao, G., & Rubanova, E.S. (2014). Geochemical study of the Cambrian–Ordovician meta-sedimentary rocks from the northern Altai-Mongolian terrane, northwestern Central Asian Orogenic Belt: Implications on the provenance and tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 96, 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.08.028>
- Condie, K.C. (2001). Rodinia and Continental Growth. *Gondwana Research*, 4 (2), 154–155. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70673-0](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70673-0)
- Cooke, D.R., Hollings, P., & Walshe, J.L. (2005). Giant porphyry deposits: characteristics, distribution, and tectonic controls. *Economic Geology*, 100 (5), 801–818. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.100.5.801>
- Cunningham, W.D. (2005). Active intracontinental transpressional mountain building in the Mongolian Altai: Defining a new class of orogen. *Earth and Planetary Science Letters*, 240, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.09.013>
- Cunningham, W.D., Windley, B.F., Dorjnamjaa, D., Badamgarav, G., & Saandar, M. (1996). Structural transect across the Mongolian Western Altai: active transpressional mountain building in central Asia. *Tectonics*, 15 (1), 142–156. <https://doi.org/10.1029/1995TC000961>

- doi.org/10.1029/95TC02354
- Cunningham, W.D., Windley, B.F., Owen, L.A., Barry, T., Dorjnamjaa, D., & Badamgarav, J. (1997). Geometry and style of partitioned deformation within a late Cenozoic transpressional zone in the eastern Gobi Altai mountains, Mongolia. *Tectonophysics*, 277 (4), 285-306. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(97\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(97)00034-6)
- Dalziel, I.W.D. (1991). Pacific margins of Laurentia and East Antarctic-Australia as a conjugate rift pair: evidence and implications for an Eocambrian supercontinent. *Geology*, 19 (6), 598–601. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)019<0598:PMOLAE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0598:PMOLAE>2.3.CO;2)
- Demoux, A., Krüner, A., Hegner, E., & Badarch, G. (2009a). Devonian arc-related magmatism in the Tseel terrane of SW Mongolia: chronological and geochemical evidence. *Journal of the Geological Society*, 166, 459–471. <https://doi.org/10.1144/0016-76492008-090>
- Demoux, A., Krüner, A., Liu, D., & Badarch, G. (2009b). Precambrian crystalline basement in southern Mongolia as revealed by SHRIMP zircon dating. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 1365–1380. <https://doi.org/10.1007/s00531-008-0321-4>
- Dergunov, A.B. (1989). The Caledonides of the Central Asia, *Transactions (Vol. 437) (192 p.)*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Dergunov, A.B., Luvsandanzan, B., & Pavlenko, V.S. (1980). *Geology of West Mongolia, Transactions (Vol. 31) (195 p.)*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Dergunov, A.B., Kovalenko, V.I., Ruzhentsev, S.V., & Yarmolyuk, V.V. (2001). Tectonics, magmatism, and metallogeny of Mongolia. London–New York: Taylor and Francis Group.
- Didenko, A.N. (1992). Magnetism of South Mongolian Middle Paleozoic ophiolites. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 74, 263–277. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(92\)90014-M](https://doi.org/10.1016/0031-9201(92)90014-M)
- Didenko, A.N., Kazansky, A.Yu., & Khain, E.V. (2001). Vendian Paleozoic Ocean: New Paleomagnetic Results from Daribi and Khantaishiri Ophiolites (Western Mongolia). *Gondwana Research*, 4, 606–607. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70408-1](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70408-1)
- Didenko, A.N., Mossakovsky, A.A., Pechersky, D.M., Ruzhentsev, S.V., Samygin, S.G., & Kheraskova, T.N. (1994). Geodynamics of the Paleozoic oceans of the Central Asia. *Russian Geology and Geophysics*, 7-8, 59–76 (in Russian).
- Dijkstra, A.H., Brouwer, F.M., Cunningham, W.D., Buchan, C., Badarch, G., & Mason, P.R.D. (2006). Late Neoproterozoic proto-arc ocean crust in the Dariv Range, Western Mongolia: a supra-subduction zone end-member ophiolite. *Journal of the Geological Society*, 163, 363–373. <https://doi.org/10.1144/0016-764904-156>
- Dobretsov, N.L., & Buslov, M.M. (2004). Serpentinic mñlanges associated with HP and UHP rocks in Central Asia. *International Geology Review*, 46, 957–980. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.46.11.957>
- Dobretsov, N.L., & Buslov, M.M. (2007). Late Cambrian - Ordovician tectonics and geodynamics of Central Asia. *Russian Geology and Geophysics*, 48

- (1), 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2006.12.006>
- Dobretsov, N.L., Berzin, N.A., & Buslov, M.M. (1995). Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean. *International Geology Review*, 37, 335–360. <https://doi.org/10.1080/00206819509465407>
- Dobretsov, N.L., Buslov, M.M., & Vernikovskiy, V.A. (2003). Neoproterozoic to Early Ordovician evolution of the Paleo-Asian Ocean: implications to the break-up of Rodinia. *Gondwana Research*, 6, 143–159. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70966-7](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70966-7)
- Filippova, I. B., Bush, V.A., & Didenko, A.N. (2001). Middle Paleozoic subduction belts: The leading factor in the formation of the Central Asian fold-and-thrust belt. *Russian Journal of Earth Sciences*, 3, 405–426.
- Fu, D., Kusky, T.M., Wilde, S.A., Polat, A., Huang, B., & Zhou, Z.P. (2018). Early Paleozoic collisional-related magmatism in the eastern North Qilian orogen, northeastern Tibet: A linkage between accretionary and collisional orogenesis. *Geological Society of America Bulletin*, 131 (5-6), 1031–1056. <https://doi.org/10.1130/B35009.1>
- Gavrilova, S.P. (1975). Granitoid formations of Western Mongolia. In *Granitoid and Alkaline Formations in the Structures of Western and Northern Mongolia* (pp. 50–143), Transactions (vol. 14) (in Russian).
- Gibsher, A. S., Khain, E. V., Kotov, A. B., Sal'nikova, E. V., Kozakov, I. K., Kovach, V. P., ..., Fedoseenko, A. M. (2001). Late Vendian age of the Han-Taishiri ophiolite complex in western Mongolia. *Russian Geology and Geophysics*, 42, 1110–1117 (in Russian).
- Gladkochub, D.P., Pisarevsky, S.A., Donskaya, T.V., Natapov, L., Mazukabzov, A.M., Stanevich, A.M., & Sklyarov, E. (2006). The Siberian Craton and its evolution in terms of the Rodinia hypothesis. *Episodes*, 29, 169–174.
- Gladkochub, D.P., Stanevich, A.M., Mazukabzov, A.M., Donskaya, T.V., Pisarevsky, S.A., Nicoll, G., ..., Kornilova, T.A. (2013). Early evolution of the Paleozoic ocean: LA-ICP-MS dating of detrital zircon from Late Precambrian sequences of the southern margin of the Siberian craton. *Russian Geology and Geophysics*, 54 (10), 1150–1163. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.09.002>
- Gladkochub, D.P., Donskaya, T.V., Stanevich, A.M., Pisarevsky, S.A., Zhang, S., Motova, Z.L., ..., Li, H. (2019). U-Pb detrital zircon geochronology and provenance of Neoproterozoic sedimentary rocks in southern Siberia: New insights into breakup of Rodinia and opening of Paleo-Asian Ocean. *Gondwana Research*, 65, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.07.007>
- Glorie, S., De Grave, J., Buslov, M.M., Zhimulev, F.I., Izmer, A., Vandoorne, W., ..., Elburg, M.A. (2011). Formation and Paleozoic evolution of the Gornyy-Altai-Altai-Mongolia suture zone (South Siberia): zircon U-Pb constraints on the igneous record. *Gondwana Research*, 20, 465–484. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.03.003>
- Goldfarb, R.J., Taylor, R.D., Collins, G.S., Goryachev, N.A., & Orlandini, O.F. (2014). Phanerozoic continental

- growth and gold metallogeny of Asia. *Gondwana Research*, 25, 48–102. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.03.002>
- Gordienko, I.V., & Metelkin, D.V. (2016). The evolution of the subduction zone magmatism on the Neoproterozoic and Early Paleozoic active margins of the Paleasian Ocean. *Russian Geology and Geophysics*, 57, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.01.005>
- Hanžl, P., Bat-Ulzii, D., Rejchrt, M., Kosler, J., Bolormaa, Kh., & Hrdlička, K. (2008). Geology and geochemistry of the Palaeozoic plutonic bodies of the Trans-Altay Gobi, SW Mongolia; implications for magmatic processes in an accreted volcanic-arc system. *Journal of Geosciences*, 53, 201–234. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.028>
- Harper, D.A., Rasmussen, C.M., Liljeroth, M., Blodgett, R.B., Candela, Y., Jin, J., ..., Zhan, R. (2013). Biodiversity, biogeography and phylogeography of Ordovician rhynchonelliform brachiopods. In D. A. T. Harper, & T. Servais (Eds.), *Early Palaeozoic biogeography and palaeogeography* (pp. 127–144). Geological Society, London, Memoir 38. <https://doi.org/10.1144/M38.11>
- He, G., & Han, B. (1991). Paleozoic tectonic evolution of Altay orogenic belt in China. In IGCP 283. *Geodynamic Evolution and Main Sutures of Paleasian Ocean* (pp. 31–33). Report 2, Beijing.
- Helo, C., Hegner, E., Krüner, A., Badarch, G., Tomurtogoo, O., Windley, B.F., & Dulski, P. (2006). Geochemical signature of Paleozoic accretionary complexes of the Central Asian Orogenic Belt in South Mongolia: constraints on arc environments and crustal growth. *Chemical Geology*, 227, 236–257. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.10.003>
- Hoffman, F.P. (1991). Did breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? *Science*, 252, 1409–1412. <https://doi.org/10.1126/science.252.5011.1409>
- Hrdlička, K., Bolormaa, K., Buriánek, D., Hanžl, P., Gerdes, A., & Janoušek, V. (2008). Petrology and age of metamorphosed rocks in tectonic slices inside the Paleozoic sediments of the eastern Mongolian Altay, SW Mongolia. *Journal of Geosciences*, 53, 139–165. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.027>
- Hu, A., Jahn, B.-M., Zhang, G., Chen, Y., & Zhang, Q. (2000). Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence. Part I. Isotopic characterization of basement rocks. *Tectonophysics*, 328, 15–51. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00176-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00176-1)
- Ilyin, A.V. (1990). Proterozoic supercontinent, its latest Precambrian rifting, breakup, dispersal into smaller continents, and subsidence of their margins: evidence from Asia. *Geology*, 18, 1231–1234. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<1231:PSILPR>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<1231:PSILPR>2.3.CO;2)
- Ilyin, A.V. (2004). The Khubsugul phosphate-bearing basin: new data and concepts. *Lithology and Mineral Resources*, 39, 454–467. <https://doi.org/10.1023/B:LI.0000040735.76025.80>
- Izokh, A.E., Polyakov, G.V., Krivenko, A.P., Bognibov, V.I., & Bayargileg, L., 1990. The gabbro formations

- of Western Mongolia (269 p.). Novosibirsk: Nauka (in Russian).
- Izokh, A.E., Polyakov, G.V., Vishnevsky, A.V., Shelepaev, R.A., & Oyunchimeg, T. (2009). Age of ultramafic-mafic magmatism of Western Mongolia. Proceeding of the International Symposium on Large Igneous Provinces of Asia: Mantle Plumes and Metallogeny (pp. 137-140). Novosibirsk, Russia: Sibprint.
- Izokh, A.E., Vishnevskii, A.V., Polyakov, G.V., Kalugin, V.M., Oyunchimeg, T., Shelepaev, R.A., & Egorova, V.V. (2010). The Ureg Nuur Pt-bearing volcanoplutonic picrite-basalt association in the Mongolian Altay as evidence for a Cambrian-Ordovician Large Igneous Province. Russian Geology and Geophysics, 51, 665-681. [https://doi.org/ 10.1016/j.rgg.2010.04.003](https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.04.003)
- Izokh, A.E., Vishnevsky, A.V., Polyakov, G.V., & Shelepaev, R.A. (2011). Age of picrite and picrodolerite magmatism in Western Mongolia. Russian Geology and Geophysics, 52, 7-23. [https://doi.org/ 10.1016/j.rgg.2010.12.002](https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.12.002)
- Jahn, B.M. (2004). The Central Asian Orogenic Belt and growth of the continental crust in the Phanerozoic (pp. 73-100). Geological Society, London, Special Publications (Vol. 226). [https://doi.org/ 10.1144/GSL.SP.2004.226.01.05](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.226.01.05)
- Jahn, B.-M., Capdevila, R., Liu, D., Vernon, A., & Badarch, G. (2004). Sources of Phanerozoic granitoids in the transect Bayanhongor – Ulaan Baatar, Mongolia: geochemical and Nd isotopic evidence, and implications for Phanerozoic crustal growth. Journal of Asian Earth Sciences, 23 (5), 629-653. [https://doi.org/ 10.1016/S1367-9120\(03\)00125-1](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00125-1)
- Jamiyandorj, D., Bezpechinsky, V.S., Varlamov, I.S., Chagnaadorj, D., Nyam, B., Sodoy, N., & Gantumur, B. (1976). Results of 1:200 000 scale geological mapping in the Great Lakes depression. Ulaanbaatar, Geologic Information Center Open-File Report #2740 (in Russian).
- Janoušek, V., Jiang, Y., Buričnek, D., Schulmann, K., Hanžl, P., Soejono, I., ..., Košler, J. (2018). Cambrian-Ordovician magmatism of the Ikh-Mongol Arc System exemplified by the Khantaishir Magmatic Complex (Lake Zone, south-central Mongolia). Gondwana Research 54, 122-149. [https://doi.org/ 10.1016/j.gr.2017.10.003](https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.10.003)
- Jian, P., Krüner, A., Jahn, B.-M., Windley, B.F., Shi, Y., Zhang, W., ..., Liu, D. (2014). Zircon dating of Neoproterozoic and Cambrian ophiolites in West Mongolia and implications for the timing of orogenic processes in the central part of the central Asian Orogenic Belt. Earth-Science Reviews, 133, 62-93. [https://doi.org/ 10.1016/j.earscirev.2014.02.006](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.02.006)
- Jiang, Y., Sun, M., Krüner, A., Tumurkhuu, D., Long, X., Zhao, G., ..., Xiao, W. (2012). The high-grade Tseel Terrane in SW Mongolia: an early Paleozoic arc system or a Precambrian sliver? Lithos, 142-143, 95-115. [https://doi.org/ 10.1016/j.lithos.2012.02.016](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.02.016)
- Kepezhinskas, P.K., Kepezhinskas, K.B., & Pukhtel, I.S. (1991). Lower Paleozoic oceanic crust in Mongolian Caledonides: Sm-Nd isotope and trace element data. Geophysical

- Research Letters, 18 (7), 1301-1304. [https://doi.org/ 10.1029/91GL01643](https://doi.org/10.1029/91GL01643)
- Khain, E.V., Krumer, A., Gibsher, A.S., & Fedotova, A.A. (2001). The fate of Rodinia in the light of the discovery of ca. 1000 Ma old ophiolites in the Central Asian orogenic belt of Siberia. *Gondwana Research*, 4, 656–658. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70455-X](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70455-X)
- Khain, E.V., Bibikova, E.V., Krumer, A., Zhuravlev, D.Z., Sklyarov, E.V., Fedotova, A.A., & Kravchenko-Berezhnoy, I.R. (2002). The most ancient ophiolite of Central Asian fold belt: U-Pb and Pb-Pb zircon ages for the Dunzhugur Complex, Eastern Sayan, Siberia, and geodynamic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 199 (3–4), 311–325. [https://doi.org/ 10.1016/S0012-821X\(02\)00587-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)00587-3)
- Khain, E. V., Bibikova, E. V., Sal'nikova, E. B., Krumer, A., Gibsher, A. S., Didenko, A. N., ..., Fedotova, A. A. (2003). The Palaeo-Asian ocean in the Neoproterozoic and early Palaeozoic: new geochronologic data and paleotectonic reconstructions: *Precambrian Research*, 122, 329–358. [https://doi.org/ 10.1016/S0301-9268\(02\)00218-8](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(02)00218-8)
- Kheraskova, T.N., Tomurtogoo, O., & Khain, E.V. (1985). Ophiolites and Upper Precambrian to Lower Paleozoic rocks of the Ozernaya (Lake) zone of the Daribi range of western Mongolia. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR*, 6, 25-31 (in Russian).
- Kheraskova, T.N., Didenko, A.N., Bush, V.A., & Volozh, Yu. A. (2003). The Vendian-Early Paleozoic history of the continental margin of eastern Paleo-Gondwana, Paleoasian Ocean, and Central Asian Fold Belt. *Russian Journal of Earth Sciences*, 5, 165–184. <https://doi.org/10.2205/2003ES000123>
- Kheraskova, T.N., Bush, V.A., Didenko, A.N., & Samygin, S.G. (2010). Breakup of Rodinia and early stages of evolution of the Paleoasian ocean. *Geotectonics*, 44 (1), 3–24. [https://doi.org/ 10.1134/S0016852110010024](https://doi.org/10.1134/S0016852110010024)
- Khomentovsky, V.V., & Gibsher, A.S. (1996). The Neoproterozoic-Lower Cambrian in northern Gobi-Altay, western Mongolia: regional setting, lithostratigraphy and biostratigraphy. *Geological Magazine*, 133 (4), 371-390. [https://doi.org/ 10.1017/S001675680000755X](https://doi.org/10.1017/S001675680000755X)
- Konnikov, E.G., Gibsher, A.S., Izokh, A.E., Sklyarov, E.V., & Khain, E.V., 1994. Late Proterozoic evolution of the northern segment of the Paleoasian ocean: new data radiological, geological, and geochemical data. *Russian Geology and Geophysics*, 35 (7-8), 152-168.
- Kotov, A.B., Kozakov, I.K., Bibikova, E.V., Sal'nikova, E.B., Kirnozova, T.I., & Kovach, V.P. (1995). Duration of regional metamorphic episodes in areas of polycyclic endogenic processes: a U-Pb geochronological study. *Petrology*, 3 (6), 621-630.
- Kovach, V.P., Yarmolyuk, V.V., Kovalenko, V.I., Kozlovskiy, A.M., Kotov, A.B., & Terent'eva, L.B. (2011). Composition, sources, and mechanisms of formation of the continental crust of the Lake Zone of the Central Asian Caledonides. II. Geochemical and Nd isotope data. *Petrology*, 19, 399–425. <https://doi.org/10.1134/S0869591111030064>
- Kovach, V.P., Kozakov, I.K., Salnikova, E.B., Yarmolyuk, V.V., Kozlovsky,

- A.M., & Terent'eva, L.B., 2013. Crustal growth stages in the Songino block of the early Caledonian superterrane in Central Asia: II. Geochemical and Nd-isotope data. *Petrology*, 21, 409–426. [https://doi.org/ 10.1134/S0869591113050020](https://doi.org/10.1134/S0869591113050020)
- Kovalenko, D.V., 2010. Paleomagnetism of Late Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic rocks in Mongolia. *Russian Geology and Geophysics*, 51, 387–403. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.03.006>
- Kovalenko, V.I., Tsaryeva, G.M., Goreglyad, A.V., Yarmolyuk, V.V., Troitsky, V.A., Hervig, R.L., & Farmer, G.L. (1995). The per-alkaline granite-related Khaldzan-Buregtey rare element (Zr, Nb, REE) deposit, western Mongolia. *Economic geology*, 90, 520-529.
- Kovalenko, V.I., Yarmolyuk, V.V., Pukhtel, I.S., Stosch, H., Jagoutz, E., & Korikovskiy, S.P. (1996). Igneous rocks and magma sources of the Oзерная Zone ophiolites, Mongolia. *Petrology*, 5, 420-459.
- Kovalenko, V.I., Yarmolyuk, V.V., Budnikov, S.V., Sal'nikova, E.B., Kovach, V.P., Kotov, A.B., ..., Vladykin, N.V. (2003). Sources of igneous rocks and genesis of the Early Mesozoic tectonomagmatic area of the Mongolia–Transbaikalia magmatic region: 1. Geology and isotope geochronology. *Petrology*, 11 (2), 147–160.
- Kovalenko, V.I., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Kotov, A.B., Kozakov, I.K., Salnikova, E.B., & Larin, A.M. (2004). Isotope provinces, mechanisms of generation and sources of the continental crust in the Central Asian mobile belt: geological and isotopic evidence. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 605–627. [https://doi.org/ 10.1016/S1367-9120\(03\)00130-5](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00130-5)
- Kozakov, I.K. (1986). Precambrian infrastructural complexes of Mongolia (196 p.). Leningrad: Nauka (in Russian).
- Kozakov, I.K., Kotov, A.B., Kovach, V.P., & Salnikova, E.B. (1997). Crustal growth in the geologic evolution of the Baidrag block, Central Mongolia: evidence from Sm-Nd isotopic systematics. *Petrology*, 5 (3), 227-235.
- Kozakov, I.K., Kotov, A.B., Salnikova, E.B., Bibikova, E., Kovach, V.P., Kirnozova, T.I., ..., Lykin, D.A. (1999). Metamorphic age of crystalline complexes of the Tuva-Mongolia massif: U-Pb geochronology of granitoids. *Petrology*, 7, 177-191.
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Bibikova, E., Kirnozova, T.I., Kotov, A.B., & Kovach, V.P. (1999). Polychronous evolution of the Paleozoic granitoid magmatism in the Tuva-Mongolia massif: U-Pb geochronological data. *Petrology*, 7 (6), 529-601.
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Khain, E.V., Kovach, V.P., Berezhnaya, N.G., Yakovleva, S.Z., & Plotkina, Y.V. (2002). Early Caledonian crystalline rocks of the Lake Zone in Mongolia: formation history and tectonic settings as deduced from U–Pb and Sm–Nd datings. *Geotectonics*, 36, 156–166 (in Russian).
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Natman, A., Kovach, V.P., Kotov, A.B., Podkovyrov, V.N., & Plotkina, Yu.V. (2005). Metasedimentary complexes of the Tuva–Mongolian Massif: age, provenances, and tectonic

- position. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 13, 1–20.
- Kozakov, I.K., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Zagornaya, N.Yu., Plotkina, Yu.V., & Podkovyrov, V.N. (2007). Age and sources of granitoids in the junction zone of the Caledonides and Hercynides in Southwestern Mongolia: geodynamic implications. *Petrology*, 15, 133–159. <https://doi.org/10.1134/S0869591107020026>
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Wang, T., Didenko, A.N., Plotkina, Yu.V., & Podkovyrov, V.N. (2007). Early Precambrian crystalline complexes of the Central Asian Microcontinent: age, sources, tectonic position. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 15, 3–24. <https://doi.org/10.1134/S0869593807020013>
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Kovach, V.P., Yarmolyuk, V.V., Anisimova, I.V., Kozlovskii, A.M., ..., Sugorakova, A.M. (2008). Vendian stage in formation of the early Caledonian superterrane in Central Asia. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 16, 360–382. <https://doi.org/10.1134/S0869593808040023>
- Kozakov, I.K., Kozlovsky, A.M., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., ..., Eenjin, G. (2011). Crystalline complexes of the Tarbagatai Block of the early Caledonian superterrane of Central Asia. *Petrology*, 19, 426–444.
- Kozakov, I.K., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Kozlovsky, A.M., ..., Erdenejargal, Ch. (2012). The early Baikalian crystalline complex in the basement of the Dzabkhan microcontinent of the early Caledonian orogenic area, Central Asia. *Stratigraphy and Geological correlation*, 20, 231–239.
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Kozlovskii, A.M., Anisimova, I.V., ..., Erdenezhargal, Ch. (2013). Crustal growth stages in the Songino block of the early Caledonian superterrane in Central Asia: I. Geological and geochronological data. *Petrology*, 21, 203–220.
- Kozakov, I.K., Sal'nikova, E.B., Kovach, V.P., Anisimova, I.V., Fedoseenko, A.M., & Yakovleva, S.Z. (2013). Late Riphean age of conglomerates from the Kholbonur complex of Songino Block, Central Asian Caledonides. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21, 482–495. <https://doi.org/10.1134/S0869593813050043>
- Kozakov, I.K., Kovach, V.P., Bibikova, E.V., Kirnozova, T.I., Lykhin, D.A., Plotkina, Yu.V., ..., Erdenezhargal, Ch. (2014). Late Riphean episode in the formation of crystalline rock complexes in the Dzabkhan microcontinent: geological, geochronologic, and Nd isotopic-geochemical data. *Petrology*, 22, 480–506.
- Kozakov, I.K., Kirnozova, T.I., Kovach, V.P., Terent'eva, L.B., Tolmacheva, E.V., Fugzan, M.M., & Erdenezhargal, Ch. (2015). Late Riphean age of the crystalline basement of the carbonate cover of the Dzabkhan microcontinent. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 23, 237–245.
- Kozakov, I.K., Kuznetsov, A.B., Erdenezhargal, Ch., Sal'nikova, E.B., Anisimova, I.V., Plotkina, Yu.V., & Fedoseenko, A.M. (2017). Neoproterozoic complexes of the shelf cover of the Dzabkhan terrane basement in the Central Asian

- Orogenic Belt. Stratigraphy and Geological Correlation, 25, 479–491.
- Kozlovsky, A.M., Yarmolyuk, V.V., Salnikova, E.B., Travin, A.V., Kotov, A.B., Plotkina, Yu.V., ..., Savatenkov, V.M. (2015). Late Paleozoic anorogenic magmatism of the Gobi Altai (SW Mongolia): Tectonic position, geochronology and correlation with igneous activity of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 113, 524–541. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.01.013>
- Kröner, A., Tomurtogoo, O., Badarch, G., Windley, B.F., & Kozakov, I.K. (2001). New zircon ages and significance for crustal evolution in Mongolia. In: E. V. Sklyarov (Ed.), *Assembly and Breakup of Rodinia Supercontinent: Evidence from South Siberia* (pp. 142–145). *Guidebook and Abstract Volume, Workshop IGCP-440, Irkutsk*.
- Kröner, A., Windley, B. F., Badarch, G., Tomurtogoo, O., Hegner, E., Jahn, B. M., ..., Wingate, M. T. D. (2007). Accretionary growth and crust formation in the Central Asian Orogenic Belt and comparison with the Arabian-Nubian shield. *Geological Society of America, Memoir* 200, 181–209.
- Kröner, A., Lehmann, J., Schulmann, K., Demoux, A., Lexa, O., Tomurhuu, D., ..., Wingate, M. T. D. (2010). Lithostratigraphic and geochronological constraints on the evolution of the Central Asian Orogenic Belt in SW Mongolia: Early Paleozoic rifting followed by late Paleozoic accretion. *American Journal of Science*, 310,
- Kröner, A., Kovach, V., Belousova, E., Hegner, E., Armstrong, R., Dolgoplova, A., ..., Rytisk, E. (2014). Reassessment of continental growth during the accretionary history of the Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*, 25, 103–125. <http://doi.org/10.1016/j.gr.2012.12.023>
- Kröner, A., Kovach, V.P., Kozakov, I.K., Kirnozova, T., Azimov, P., Wong, J., & Geng, H.Y. (2015). Zircon ages and Nd-Hf isotopes in UHT granulites of the Ider Complex: a cratonic terrane within the Central Asian Orogenic Belt in NW Mongolia. *Gondwana Research*, 27, 1392–1406. <http://doi.org/10.1016/j.gr.2014.03.005>
- Kröner, A., Kovach, V., Alexeiev, D.V., Wang, K., Wong, J., Degtyarev, K.E., & Kozakov, I. (2017). No excessive crustal growth in the Central Asian Orogenic Belt: Further evidence from field relationships and isotopic data. *Gondwana Research*, 50, 135–166. <http://doi.org/10.1016/j.gr.2017.04.006>
- Kusky, T.M., Wang, L., Dilek, Y., Robinson, P., Peng, S.B., & Huang, X.Y. (2011). Application of the modern ophiolite concept with special reference to Precambrian ophiolites. *Science China — Earth Sciences*, 54 (3), 315–341. <https://doi.org/10.1007/s11430-011-4175-4>
- Kusky, T.M., Windley, B.F., Safonova, I., Wakita, K., Wakabashi, J., Polat, A., & Santosh, M. (2013). Recognition of Ocean plate stratigraphy in accretionary orogens through Earth history: a record of 3.8 billion years of sea floor spreading, subduction, and accretion. In: T. M. Kusky, R. J. Stern, J. F. Dewey (Eds.), *Secular Changes in Geologic and Tectonic Processes* (pp. 501–547). *Special Issue of*

- Gondwana Research (Vol. 42). <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.01.004>
- Kusky, T.M., Windley, B.F., & Polat, A. (2018). Geological evidence for the operation of plate tectonics throughout the Archean: Records from Archean paleo-plate boundaries. *Journal of Earth Science*, 29 (6), 1291–1303. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0999-6>
- Kuzmichev, A.B., & Larionov, A.N. (2011). The Sarkhoi Group in East Sayan: Neoproterozoic (~770–800 Ma) volcanic belt of the Andean type. *Russian Geology and Geophysics*, 52 (7), 685–700. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.06.001>
- Kuzmichev, A.B., & Larionov, A.N. (2013). Neoproterozoic island arcs in East Sayan: duration of magmatism (from U–Pb zircon dating of volcanic clastics). *Russian Geology and Geophysics*, 54, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2012.12.003>
- Kuzmichev, A.B., Zhuravlev, D.Z., Bibikova, E.V., & Kirnozova, T.I. (2000). Upper Riphean (790 Ma) granitoids of the Tuva–Mongolian massif as evidence of Early Baikalian orogeny. *Russian Geology and Geophysics*, 41 (10), 1379–1383 (1330–1334).
- Kuzmichev, A.B., Bibikova, E.V., & Zhuravlev, D.Z. (2001). Neoproterozoic (~800 Ma) orogeny in the Tuva–Mongolia Massif (Siberia): island arc–continent collision at the northeast Rodinia margin. *Precambrian Research*, 110 (1–4), 109–126. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00183-8)
- Kuzmichev, A., Krüner, A., Hegner, E., Dunyi, L., & Yusheng, W. (2005). The Shishkhiid ophiolite, northern Mongolia: a key to the reconstruction of a Neoproterozoic island-arc system in central Asia. *Precambrian Research*, 138, 125–150. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2005.04.002>
- Kuzmichev, A., Sklyarov, E., Postnikov, A., & Bibikova, E. (2007). The Oka Belt (Southern Siberia and Northern Mongolia): a Neoproterozoic analog of the Japanese Shimanto Belt? *Island Arc*, 16, 224–242. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2007.00568.x>
- Kuznetsov, A.B., Vasilieva, I.M., Sitkina, D.R., Smirnova, Z.B., & Kaurova, O.K. (2018). Age of carbonates and phosphorites in the sedimentary cover of the Tuva–Mongolian Microcontinent. *Doklady Earth Sciences*, 479, 282–285. <https://doi.org/10.1134/S1028334X18030030>
- Laurent-Charvet, S., Moniñ, P., & Shu, L. (2003). Late Paleozoic strike-slip shear zones in eastern central Asia (NW China): New structural and geochronological data. *Tectonics*, 22, 1–24. <https://doi.org/10.1029/2001TC901047>
- Lehmann, J., Schulmann, K., Lexa, O., Corsini, M., Krüner, A., Stipska, P., ..., Otgonbator, D. (2010). Structural constraints on the evolution of the Central Asian Orogenic Belt in SW Mongolia. *American Journal of Science*, 310, 575–628.
- Letnikova, E.F., & Geletii, N.K. (2005). Vendian–Cambrian carbonate sequences in sedimentary cover of the Tuva–Mongol Microcontinent. *Lithology and Mineral Resources*, 40, 167–177. <https://doi.org/10.1007/s10987-005-0017-9>
- Letnikova, E.F., Veshcheva, S.V.,

- Proshenkin, A.I., & Kuznetsov, A.B. (2011). Neoproterozoic terrigenous deposits of the Tuva–Mongolian massif: geochemical correlation, source lands, and geodynamic reconstruction. *Russian Geology and Geophysics*, 52, 1662–1671. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.11.013>
- Levashova, N.M., Kalygin, V.M., Gibsher, A.S., Yff, J., Ryabinin, A.B., Meert, J.G., & Malone, S.J. (2010). The origin of the Baydaric microcontinent, Mongolia: constraints from paleomagnetism and geochronology. *Tectonophysics*, 485, 306–320. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.01.012>
- Levashova, N.M., Meert, J.G., Gibsher, A.S., Grice, W.C., & Bazhenov, M.L. (2011). The origin of microcontinents in the Central Asian Orogenic Belt: Constraints from paleomagnetism and geochronology. *Precambrian Research*, 185, 37–54. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.12.001>
- Li, H., He, G., Wu, T., & Wu, B. (2006). Confirmation of Altai-Mongolia microcontinent and its implications. *Acta Petrologica Sinica*, 22 (5), 1369–1379 (in Chinese with English abstract).
- Li, Z.X., Bogdanova, S.V., Collins, A.S., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R.E., ..., Vernikovsky, V. (2008). Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis. *Precambrian Research*, 160, 179–210. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
- Lindsay, J.F., Brasier, M.D., Shields, G., Khomentovsky, V.V., & Bat-Ireedui, Ya. (1996). Glacial facies associations in Neoproterozoic back-arc setting, Zavkhan basin, western Mongolia. *Geological Magazine*, 133 (4), 391–415. <https://doi.org/10.1017/S0016756800007561>
- Long, X., Sun, M., Yuan, C., Xiao, W., Lin, S., Wu, F., & Cai, K. (2007). Detrital zircon age and Hf isotopic studies for metasedimentary rocks from the Chinese Altai: implications for the Early Paleozoic tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt. *Tectonics*, 26 (5). <https://doi.org/10.1029/2007TC002128>
- Long, X., Yuan, C., Sun, M., Xiao, W., Zhao, G., Wang, Y., & Xie, L. (2010). Detrital zircon ages and Hf isotopes of the early Paleozoic flysch sequence in the Chinese Altai, NW China: new constraints on depositional age, provenance and tectonic evolution. *Tectonophysics*, 480 (1), 213–231. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.10.013>
- Makarychev, G.I. (1988). Precambrian continental crust of Western Mongolia and the problems of its destruction. *Geotectonics*, 2 (6), 520–529 (in Russian).
- Makarychev, G.I., Paley, I.P., Ges, M.D., Morkovkina, V.F., & Burashnikov, V.V. (1986). The Precambrian rise of Daribi Range and its significance in the structure of western Mongolia. *Geotectonics*, 20 (1), 48–57 (in Russian).
- Marinov, N.A., Zonenshain, L.P., & Blagonravov, V.A. (Eds.) (1973). *Geology of the Mongolian People's Republic. 2. Magmatism, Metamorphism, Tectonics* (782 p.). Moscow: Nedra (in Russian).
- Maruyama, S., Kawai, T., & Windley, B.F. (2010). Ocean plate stratigraphy and its imbrication in an accretionary orogen: the Mona Complex, Anglesey–Llwyn, Wales, UK. In T.M. Kusky, M.

- G. Zhai, & W. Xiao (eds), *The Evolving Continents: Understanding Processes of Continental Growth* (pp. 55-75). Geological Society of London, Special Publications (Vol. 338). <https://doi.org/10.1144/SP338.4>
- Matsumoto, I., & Tomurtogoo, O. (2003). Petrological characteristics of the Hantaishir Ophiolite Complex, Altai Region, Mongolia: coexistence of podiform chromitite and boninite. *Gondwana Research*, 6, 161–169. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70967-9](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70967-9)
- McMenamin, M.A.S., & MacMenamin, D.L.S. (1990). *The Emergence of animals: The Cambrian Breakthrough*. New York: Columbia University Press.
- Meert, J.G., & Torsvik, T.H. (2003). The making and unmaking of a supercontinent: Rodinia revisited. *Tectonophysics*, 375, 261–288. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00342-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00342-1)
- Minjin, Ch., & Ariunchimeg, Ya. (2008). Ordovician and Silurian sedimentary basins of Western Mongolia. In *Development of Early Paleozoic Biodiversity: role of biotic and abiotic factors, and event correlation*. Abstracts of Conference (pp. 68-70). Moscow, Russia: KMK Scientific Press.
- Mitrofanov, F.P., Kozakov, I.K., & Palei, I.P. (1981). *Precambrian of Western Mongolia and Southern Tuva* (156 p.). Leningrad: Nauka (in Russian).
- Mitrofanov, F.P., Bibikova, E.V., Gracheva, T.V., Kozakov, I.K., Sumin, L.V., & Shuleshko, I.K. (1985). Archaean isotope age of tonalite (grey) gneisses in Caledonian structure of Central Mongolia. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 284 (3), 671–674 (in Russian).
- Mongush, A.A., Lebedev, V.I., Travin, A.V., & Yarmolyuk, V.V. (2011). Ophiolites of western Tyva as fragments of a late Vendian island arc of the Paleoasian Ocean. *Doklady Earth Sciences*, 438, 866–872. <https://doi.org/10.1134/S1028334X11060328>
- Moore, E.M. (1991). Southwest U.S.–East Antarctic (SWEAT) connection: a hypothesis. *Geology*, 19, 425–428. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)019<0425:SUSEAS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)019<0425:SUSEAS>2.3.CO;2)
- Mossakovskii, A.A., Ruzhentsev, S.V., Samygin, S.G., & Kheraskova, T.N. (1993). Central Asian fold belt: geodynamic evolution and history of formation. *Geotectonics*, 6, 3–33.
- Ovchinnikova, G.V., Kuznetsov, A.B., Vasil'eva, I.M., Gorokhova, I.M., Letnikova, E.F., & Gorokhovskii, B.M. (2012). U–Pb age and Sr isotope signature of cap limestones from the Neoproterozoic Tsagaan Oloom Formation, Dzabkhan River Basin, Western Mongolia. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 20, 516–527. <https://doi.org/10.1134/S0869593812060056>
- Pan, G., Xiao, Q., Zhang, K., Yin, F., Ren, F., Peng, Zh., & Wang, J. (2019). Recognition of the oceanic subduction – accretion zones from the orogenic belt in continents and its important scientific significance. *Earth Science*, 44 (5), 1544–1561 (in Chinese). <https://doi.org/10.3799/dqkx.2019.063>
- Pavlova, G.G., Borisenko, A.S., Goverdovskii, V.A., Travin, A.V., Zhukova, I.A., & Tretyakova, I.G. (2008). Permian-Triassic magmatism and Ag–Sb mineralization in

- southeastern Altai and northwestern Mongolia. *Russian Geology and Geophysics*, 49, 545–555. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2008.06.010>
- Pfänder, J.A., Jochum, K.P., Krüner, A., Kozakov, I., Oidup, C., & Todt, W. (1998). Age and geochemical evolution of an early Cambrian ophiolite-island arc system in Tuva, South Central Asia. In *Generation and emplacement of ophiolites through time* (p. 42). Geological Survey of Finland, Special Publication (Vol.26).
- Pfänder, J.A., Jochum, K.P., Kozakov, I., Krüner, A., & Todt, W. (2002). Coupled evolution of back-arc and island arc-like mafic crust in the Late-Neoproterozoic Agardagh Tes-Chem ophiolite, Central Asia: evidence from trace element and Sr–Nd–Pb isotope data. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143, 154–174. <https://doi.org/10.1007/s00410-001-0340-7>
- Pfänder, J.A., & Krüner, A. (2004). Tectono-magmatic evolution, age and emplacement of the Agardagh Tes-chem ophiolite in Tuva, Central Asia: crustal growth by island arc accretion. In T.M. Kusky (Ed.), *Precambrian Ophiolites and Related Rocks* (pp. 207–221). Amsterdam: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(04\)13006-5](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(04)13006-5)
- Pisarevsky, S.A., & Natapov, L.M. (2003). Siberia and Rodinia. *Tectonophysics*, 375, 221–245. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2003.06.001>
- Pisarevsky, S.A., Murphy, J.B., Cawood, P.A., & Collins, A.S. (2008). Late Neoproterozoic and Early Cambrian palaeogeography: models and problems. In R.J. Pankhurst, R.A.J. Trouw, B.B. Brito Neves, & M.J. de Wit (Eds.), *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region* (pp. 9–31). Geological Society, London, Special Publications (Vol. 294). <https://doi.org/10.1144/SP294.2>
- Plyusnin, G.S. (1980). Strontium isotopes in the rocks of the ophiolite complex in the Khan-Tayshiri Range (Western Mongolia). *International Geology Review*, 22 (8), 890–898. <https://doi.org/10.1080/00206818209466953>
- Rojas-Agramonte Y., Krüner A., Demoux A., Xia X., Wang W., Donskaya T., ..., Sun M. (2011). Detrital and xenocrystic zircon ages from Neoproterozoic to Palaeozoic arc terranes of Mongolia: significance for the origin of crustal fragments in the Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research*, 19, 751–763. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2010.10.004>
- Rudnev, S.N., Izokh, A.E., Kovach, V.P., Shelepaev, R.A., & Terent'eva, L.B. (2009). The age, composition, sources, and geodynamic settings of formation of granitoids in the northern Lake Zone, western Mongolia: mechanisms of growth of the Paleozoic continental crust. *Petrology*, 17 (5), 470–508.
- Rudnev, S.N., Izokh, A.E., Borisenko, A.S., Shelepaev, R.A., Orihashi, Y., Lobanov, K.V., & Vishnevsky, A.V. (2012). Early Paleozoic magmatism in the Bumbat–Hairhan area of the Lake Zone in western Mongolia (geological, petrochemical, and geochronological data). *Russian Geology and Geophysics*, 53 (5), 425–441 (557–578). <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2012.03.004>
- Rudnev, S.N., Kovach, V.P., & Ponomarchuk, V.A. (2013). Vendian–Early Cambrian island-arc plagiogranitoid magmatism in

- the Altai–Sayan folded area and in the Lake Zone of western Mongolia (geochronological, geochemical, and isotope data). *Russian Geology and Geophysics*, 54, 1272–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.09.010>
- Rudnev, S.N., Izokh, A.E., Borisenko, A.S., & Gas'kov, I.V. (2016). Granitoid magmatism and metallogeny of the Lake Zone in Western Mongolia (by the example of the Bumbat-Hairhan area). *Russian Geology and Geophysics*, 57, 207–224. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.02.001>
- Ruzhentsev, S.V., & Burashnikov, V.V. (1996). Tectonics of the Western Mongolian Salairides. *Geotectonics*, 5, 379–394.
- Ruzhentsev, S.V., & Mossakovsky, A.A. (1996). Geodynamics and tectonic evolution of the Central Asian Paleozoic structures as the result of the interaction between the Pacific and Indo-Atlantic segments of the earth. *Geotectonics*, 29 (4), 211–311.
- Safonova, I.Yu. (2017). Juvenile versus recycled crust in the Central Asian Orogenic Belt: Implications from ocean plate stratigraphy, blueschist belts and intra-oceanic arcs. *Gondwana Research*, 47, 6–27. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.09.003>
- Safonova, I.Yu., & Santosh, M. (2014). Accretionary complexes in the Asia-Pacific region: Tracing archives of ocean plate stratigraphy and tracking mantle plumes. *Gondwana Research*, 25, 126–158. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2012.10.008>
- Safonova, I.Yu., Buslov, M.M., Iwata, K., & Kokh, D.A. (2004). Fragments of Vendian-Early Carboniferous oceanic crust of the Paleo-Asian Ocean in Foldbelts of the Altai-Sayan Region of Central Asia: Geochemistry, Biostratigraphy and Structural Setting. *Gondwana Research*, 7, 771–790. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)71063-7](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)71063-7)
- Safonova, I., Kotlyarov, A., Krivonogov, S., & Xiao, W. (2017). Intra-oceanic arcs of the Paleo-Asian Ocean. *Gondwana Research*, 50, 167–194. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.04.005>
- Safonova, I., Seltmann, R., Krüner, A., Gladkochub, D., Schulmann, K., Xiao, W., ..., Sun, M. (2011). A new concept of continental construction in the Central Asian Orogenic Belt (compared to actualistic examples from the Western Pacific). *Episodes*, 34, 186–194.
- Sal'nikova, E.B., Kozakov, I.K., Kotov, A.B., Krüner, A., Todt, W., Nutman, A., ..., Kovach, V.P. (2001). Age of Palaeozoic granites and metamorphism in the Tuva-Mongolian massif of the Central Asian mobile belt: loss of a Precambrian microcontinent. *Precambrian Research*, 110, 143–164. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00185-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00185-1)
- Samozvantsev, B.A., Tsukernik, A.B., Golyakov, B.I. & Baatarkhuyag, A. (1981). Results of 1:200 000 scale geological mapping and general prospecting in Great Lakes depression of western branches of Hangay Highland. Ulaanbaatar, Geologic Information Center Open-File Report #3576, 1036 p. (in Russian).
- Sengur, A.M.C., & Natal'in, B.A. (1996). Paleotectonics of Asia: fragments of synthesis. In A. Yin, & T.M. Harrison (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia* (pp. 486–614). Cambridge University Press.
- Sengur, A.M.C., & Natal'in, B.A. (2004).

- Phanerozoic analogues of Archaean oceanic basement fragments: Altaid ophiolites and ophiirags. In T.M. Kusky (Ed.), *Precambrian Ophiolites and Related Rocks* (pp. 675-726). Amsterdam: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(04\)13021-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(04)13021-1)
- Sengur, A.M.C., Natal'in, B.A., & Burtman, V.S. (1993). Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364, 299-306. <https://doi.org/10.1038/364299a0>
- Sengur, A.M.C., Natal'in, B.A., Sunal, G., & Vander Voo, R. (2018). The Tectonics of the Altaids: Crustal growth during the construction of the continental lithosphere of Central Asia between ~750 and ~130 Ma ago. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 46, 439-494. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060313-054826>
- Sklyarov, E.V., & Postnikov, A.A. (1990). Hugeyn high-pressure belt of Northern Mongolia. *Doklady AN SSSR*, 315, 950-954 (in Russian).
- Sklyarov, E.V., Postnikov, A.A., & Posokhov, V.F. (1996). Structure, metamorphism and petrology of the Hugeyn series (Northern Mongolia). *Geology and Geophysics*, 37, 69-78 (in Russian).
- Skuzovatov, S.Yu., Shatsky, V.S., Dril, S.I., & Perepelov, A.B. (2018). Elemental and isotopic (Nd-Sr-O) geochemistry of eclogites from the Zamtyin-Nuruu area (SW Mongolia): Crustal contribution and relation to Neoproterozoic subduction-accretion events. *Journal of Asian Earth Sciences*, 167, 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.11.032>
- Sillitoe, R.H. (2010). Porphyry copper systems. *Economic Geology*, 105, 3-41. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3>
- Smelov, A.P., & Timofeev, V.F. (2007). The age of the North Asian Cratonic basement: An overview. *Gondwana Research*, 12, 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.10.017>
- Soejono, I., Buričnek, D., Svojtka, M., Žbček, V., Čb, P., & Janoušek, V. (2016). Mid-Ordovician and Late Devonian magmatism in the Togtokhinshil Complex: new insight into the formation and accretionary evolution of the Lake Zone (western Mongolia). *Journal of Geosciences* 61, 5-23. <https://doi.org/10.3190/jgeosci.208>
- Soejono, I., Buričnek, D., Janoušek, V., Svojtka, M., Čb, P., Erban, V., & Nyamtsetseg, G. (2017). A reworked Lake Zone margin: Chronological and geochemical constraints from the Ordovician arc-related basement of the Hovd Zone (western Mongolia). *Lithos*, 294-295, 112-132. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.08.014>
- Štřpsk, S., Schulmann, K., Lehmann, J., Corsini, M., Lexa, O., & Tomurhuu, D., (2010). Early Cambrian eclogites in SW Mongolia: Evidence that the Paleo-Asian Ocean suture extends further east than expected. *Journal of Metamorphic Geology*, 28, 915-933. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2010.00899.x>
- Su, W., Li, J., Mao, Q., Gao, J., Liu, X., Chen, F., & Ge, X. (2018). Rutile in HP rocks from the Western Tianshan, China: Mineralogy and its economic implications. *Journal of Earth Science*, 29 (5), 1049-1059. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0848-7>
- Sun, W.D., Ling, M.X., Yang, X.Y., Fan,

- W.M., Ding, X., & Liang, H.Y. (2010). Ridge subduction and porphyry copper-gold mineralization: an overview. *Science China Earth Science*, 53, 475–484. <https://doi.org/10.1007/s11430-010-0024-0>
- Togtokh, D., Baatarkhuyag, A., Bayardalay, S., & Usna-Ekh, Ts. (1995). Results of 1:200 000 scale geological mapping in the Khovd and Gobi-Altay provinces. Ulaanbaatar, Geologic Information Center Open-File Report #4861 (in Mongolian).
- Tomurtogoo, O. (2001). Ophiolite assemblages of the Mongolia and continental crust forming. *Geological issues*, 3-4, 48-64 (in Mongolian).
- Tomurtogoo, O. (2002). Tectonic map of Mongolia, scale 1:1,000,000 (with Brief Explanatory Notes) (23 p.). Geological Information Centre MRPAM, Ulaanbaatar.
- Tomurtogoo, O. (2012). Tectonic subdivision of orogenic belt of Mongolia. *Transactions of Institute of Geology and Mineral Resources of MAS*, 21, 5–25 (in Mongolian).
- Tomurtogoo, O. (2014). Tectonics of Mongolia. In: *Tectonics of Northern, Central and Eastern Asia*, explanatory note to the Tectonic map of Northern Central Eastern Asia and adjacent areas at scale 1:2500000 (pp. 110–126).
- Tomurtogoo, O., Tomurkhuu, D., & Erdenesaikhan, G. (2006). Guidebook for the Excursion in the Central and Southern Mongolia. Abstracts and Excursion guidebook for the Second International Workshop of the IGCP-480 (pp. 107-131), Ulaanbaatar.
- Ulitina, L., Bondarenko, O., & Minjin, Ch. (2009). Evolution of the taxonomic diversity of Mongolian Ordovician-Silurian corals. *Paleontological Journal*, 43, 499–505. <https://doi.org/10.1134/S0031030109050049>
- Uyanga, B., Crowley, J.L., Smith, E.F., Oyungerel, S., & Macdonald, F.A. (2016). Neoproterozoic to early Paleozoic tectonic evolution of the Zavkhan Terrane of Mongolia: implications for continental growth in the Central Asian Orogenic Belt. *Lithosphere*, 8, 729–750. <https://doi.org/10.1130/L549.1>
- Uyanga, B., Smith, E.F., Rooney, A.D., Bowring, S.A., Buchwaldt, R., Dudas, F., ..., Macdonald, F.A. (2016). Neoproterozoic stratigraphy of the Zavkhan terrane of Mongolia: the backbone for Cryogenian and early Ediacaran chemostratigraphic records. *American Journal of Science*, 316, 1–63. <https://doi.org/10.2475/01.2016.01>
- Wakita, K. (2012). Mappable features of m̄langes derived from Ocean Plate Stratigraphy in the Jurassic accretionary complexes of Mino and Chichibu terranes in Southwest Japan. *Tectonophysics*, 568-569, 74-85. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.10.019>
- Wakita, K., & Metcalfe, I. (2005). Ocean plate stratigraphy in East and Southeast Asia. *Journal of Asia Earth Sciences*, 24, 679–702. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2004.04.004>
- Wan, B., Li, Sh., Xiao, W., & Windley, B.F. (2018). Where and when did the Paleo-Asian ocean form?. *Precambrian Research*, 317, 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2018.09.003>
- Wang, Q., & Liu, X.Y. (1986). Paleoplate tectonics between Cathaysia and Angaraland in Inner Mongolia

- of China: *Tectonics*, 5, 1073 – 1088. <https://doi.org/10.1029/TC005i007p01073>
- Wang, C., Li, N., Sun, Y., & Zong, P. (2011). Distribution of *Tuvaella* brachiopod fauna and its tectonic significance. *Journal of Earth Science*, 22, 11–19. <https://doi.org/10.1007/s12583-011-0153-1>
- Wang, T., Jahn, B.M., Kovach, V.P., Tong, Y., Hong, D.W., & Han, B.F. (2009). Nd–Sr isotopic mapping of the Chinese Altai and implications for continental growth in the Central Asian Orogenic Belt. *Lithos*, 110 (1), 359–372. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.02.001>
- Wilhem, C., Windley, B.F., & Stampfli, G.M. (2012). The Altaids of Central Asia: a tectonic and evolutionary innovative review. *Earth-Science Reviews*, 113, 303–341. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.04.001>
- Windley, B.F., Alexeiev, D., Xiao, W., Krüner, A., & Badarch, G. (2007). Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of the Geological Society, London*, 164, 31–47. <https://doi.org/10.1144/0016-76492006-022>
- Xia, B., Yang, Q., Chen, N., & Zhou, Zh. (2018). Phase equilibrium modeling of retrograded eclogite at the Kekesu valley, eastern segment of SW Tianshan orogen and tectonic implications. *Journal of Earth Science*, 29 (5), 1060–1073. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0844-y>
- Xiao, W., & Kusky, T.M. (2009). Geodynamic processes and metallogenesis of the Central Asian and related orogenic belts: Introduction. *Gondwana Research*, 16, 167–169. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2009.05.001>
- Xiao, W., Windley, B.F., Hao, J., & Zhai, M., (2003). Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: termination of the Central Asian Orogenic Belt. *Tectonics*, 22, 1069. <https://doi.org/10.1029/2002TC001484>
- Xiao, W., Windley, B.F., Badarch, G., Sun, S., Li, J., Qin, K., & Wang, Z. (2004). Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: implications for the lateral growth of Central Asia. *Journal of Geological Society, London* 161, 339–342. <https://doi.org/10.1144/0016-764903-165>
- Xiao, W., Huang, B., Han, C., Sun, S., & Li, J. (2010). A review of the western part of the Altaids: A key to understanding the architecture of accretionary orogens. *Gondwana Research*, 18, 253–273. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2010.01.007>
- Xiao, W., Li, S., Santosh, M., & Jahn, B.-M. (2012). Orogenic belts in Central Asia: Correlations and connections. *Journal of Asian Earth Sciences*, 49, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.03.001>
- Xiao, W., Windley, B.F., Han, C., Liu, W., Wan, B., Zhang, J., ..., Song, D. (2018). Late Paleozoic to early Triassic multiple roll-back and oroclinal bending of the Mongolia collage in Central Asia. *Earth-Science Reviews*, 186, 94–128.
- Xiao, W., Li, J., Song, D., Han, Ch., Wan, B., Zhang, J., ..., Zhang, Zh. (2019). Structural analysis and spatio-temporal constraints of accretionary orogens. *Earth Science*, 44 (5), 1661–1687 (in Chinese). <https://doi.org/10.3799/dqkx.2019.979>

- Yakubchuk, A. (2004). Architecture and mineral deposit settings of the Altaid orogenic collage: a revised model. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23, 761–779. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2004.01.006>
- Yakubchuk, A. (2008). Re-deciphering the tectonic jigsaw puzzle of northern Eurasia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32, 82–101. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2007.10.009>
- Yakubchuk, A. (2017). Evolution of the Central Asian Orogenic Supercollage since Late Neoproterozoic revised again. *Gondwana Research*, 47, 372–398. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.12.010>
- Yakubchuk, A. S., Seltnmann, R., Shatov, V. V., & Cole, A. (2001). The Altaids: Tectonic evolution and metallogeny. *Society of Economic Geologists Newsletter*, 46, 7-14.
- Yakubchuk, A. S., Shatov, V. V., Kirwin, D., Edwards, A., Tomurtogoo, O., Badarch, G., & Buryak, V. A. (2005). Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage. *Economic Geology*, 100th Anniversary Volume, 1035–1068.
- Yarmolyuk, V.V., Kuzmin, M.I., & Ernst, R.E. (2014). Intraplate geodynamics and magmatism in the evolution of the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 93, 158–179. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.07.004>
- Yarmolyuk, V.V., Kozlovsky, A.M., & Lebedev, V.I. (2017). Neoproterozoic magmatic complexes of the Songino Block (Mongolia): a problem of formation and correlation of Precambrian terranes in the Central Asian Orogenic Belt. *Petrology*, 25, 365–395. <https://doi.org/10.1134/S0869591117040051>
- Yarmolyuk, V.V., Kovalenko, V.I., Kovach, V.P., Rytsk, E.Yu., Kozakov, I.K., Kotov, A.B., & Sal'nikova, E.B. (2006). Early stages of the Paleoasian ocean formation: results of geochronological, isotopic, and geochemical investigations of Late Riphean and Vendian-Cambrian complexes in the Central Asian Fold belt. *Doklady Earth Sciences*, 411 (8), 1184–1189. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06080046>
- Yarmolyuk, V.V., Kovalenko, V.I., Anisimova, I.V., Sal'nikova, E.B., Kovach, V.P., Kozakov, I.K., ..., Yakovleva, S.Z. (2008). Late Riphean alkali granites of the Zabhan microcontinent: evidence for the timing of Rodinia breakup and formation of microcontinents in the Central Asian Fold Belt. *Doklady Earth Sciences*, 420, 583–588. <https://doi.org/10.1134/S1028334X08040132>
- Yarmolyuk, V.V., Kovach, V.P., Kovalenko, V.I., Salnikova, E.B., Kozlovskii, A.M., Kotov, A.B., ..., Fedoseenko, A.M. (2011). Composition, sources, and mechanism of continental crust growth in the Lake Zone of the Central Asian Caledonides: I. Geological and Geochronological data. *Petrology*, 19, 55-78. <https://doi.org/10.1134/S0869591111010085>
- Yin, A., & Nie, S. (1996). A Phanerozoic palinspastic reconstruction of China and its neighboring regions. In A. Yin, & T.M. Harrison (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia* (pp. 442–485). Cambridge University Press.
- Zhao, Y., Song, B., & Zhang, S.H. (2006). The Central Mongolian microcontinent: its Yangtze affinity and

- tectonic implications. Proceedings of Symposium on Continental growth and orogeny in Asia (pp. 135–136). Taipei, Taiwan.
- Zhao, G., Wang, Yu., Huang, B., Dong, Y., Li, S., Zhang, G., & Yu, Sh. (2018). Geological reconstructions of the East Asian blocks: From the breakup of Rodinia to the assembly of Pangea. *Earth-Science Reviews*, 186, 262–286. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.10.003>
- Zhou, J., Wilde, S.A., Zhao, G., & Han, J. (2018). Nature and assembly of microcontinental blocks within the Paleo-Asian Ocean. *Earth-Science Reviews*, 186, 76–93. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.012>
- Zonenshain, L.P., & Kuzmin, M.I. (1978). Khan-Taishir ophiolite complex in western Mongolia and problems of ophiolites. *Geotectonics*, 1, 19–42 (in Russian).
- Zonenshain, L.P., Kuzmin, M.I., & Natapov, L.M. (1990). *Geology of the USSR: a plate-tectonic synthesis* (242 p.). Washington: American Geophysical Union