

¹Нанкинский институт геологии и палеонтологии Китайской академии наук

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

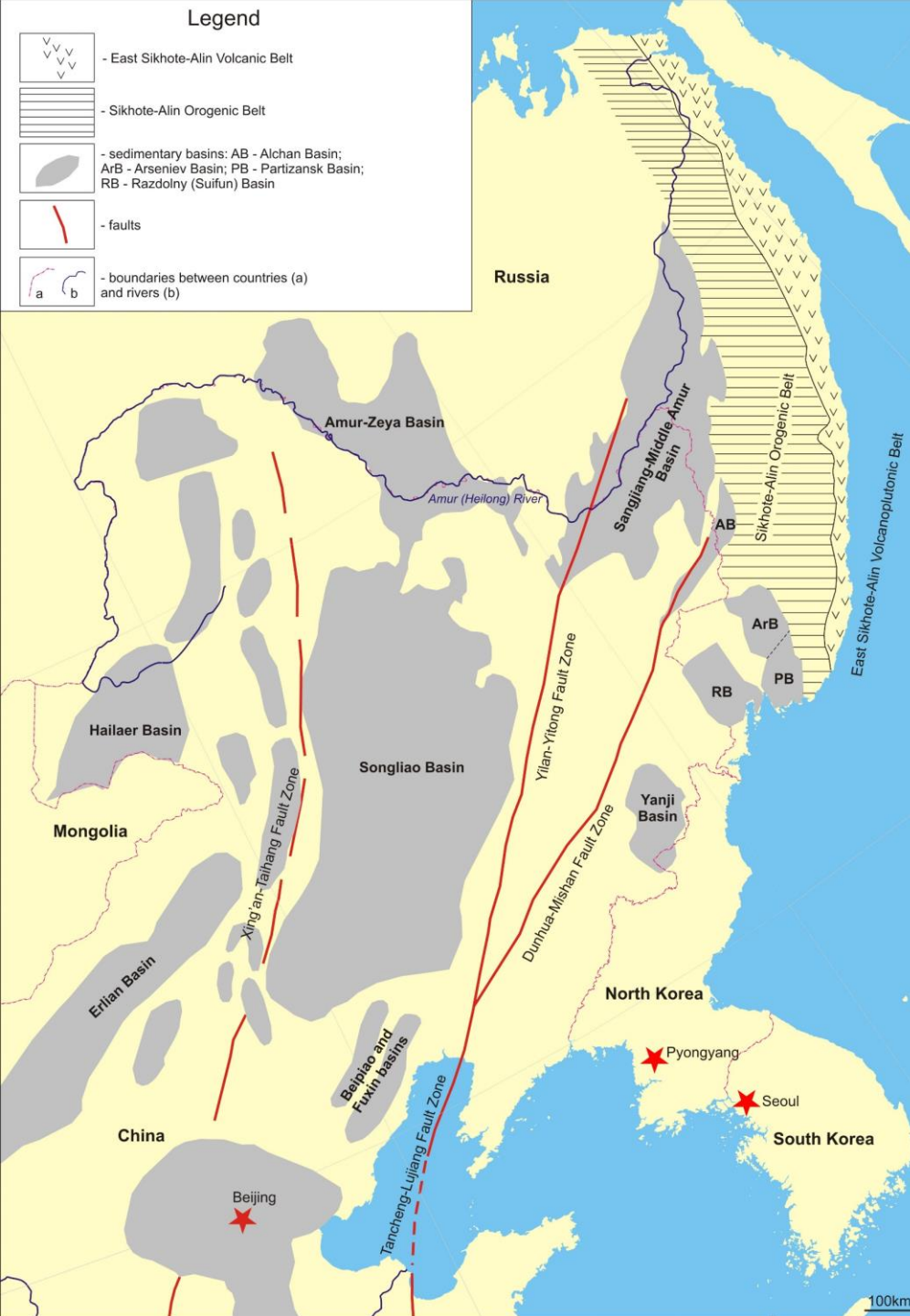
³Новосибирский государственный университет

И.Н. Косенко^{1,2}, Дж. Ша¹, Б.Н. Шурыгин^{2,3}

К проблеме корреляции меловых морских и неморских отложений Сихотэ-Алиня и северо-восточного Китая

Работа выполнена при поддержке Китайской академии геологических наук (DD20190009), Национального фонда естественных наук Китая (41730317), проекта ФНИ № 0331-2019-0004 «Палеонтология, стратиграфия, биогеография бореальных и смежных с ними палеобассейнов и комплексное обоснование усовершенствования региональных стратиграфических схем мезозоя и кайнозоя Сибири» и является вкладом в проект UNESCO-IUGS IGCP 679.

Осадочные бассейны юго-востока Дальнего Востока России и северо-восточного Китая



AB – Алчанский бассейн
ArB – Арсеньевский бассейн
PB – Партизанский бассейн
RB – Раздольненский бассейн

(по Sha, 2007; Sha et al., 2012; Kirillova, 2018)

Меловые отложения Сихотэ-Алиня и СВ Китая: значение

- Экономический аспект
- Палеонтологический аспект
- Стратиграфический аспект



Добыча нефти,
бассейн Сунляо, КНР
(<https://english.cctv.com>)



Добыча угля, Цзиси, КНР
(<https://live.staticflickr.com>)

Палеонтологический аспект: происхождение цветковых

Fig. 2. (A to D, H, and I) *Archaeofructus sinensis* Sun, Dilcher, Ji et Nixon: samples J-0721 (A, B, C, I), NMD-001 (D), and NMD-002 (H). (E to G, J to L) *Archaeofructus liaoningensis* Sun, Dilcher, Zheng et Zhou: samples B-2000 (J to L), PB18943 (E to G). (A) Whole specimen (holotype). Scale bar, 5 cm. (B and C) Multiseeded stalked carpels and paired stamens (indicated by arrow). Scale bars, 5 mm. (D) Swollen leaf base of upper dissected leaf. Scale bar, 5 mm. (E) Two young fruits with stamens below, from specimen PB18943. Scale bar, 3 mm. (F and G) SEM images of pollen from specimen PB18943. Pollen grains show monosulcate aperture (F) and rugulate exine (G). Scale bars, 10 μ m. (H) Base of stem (1) of a fruiting plant folded in half upon itself; root (2) bears a few simple lateral roots (3). Scale bar, 1 cm. (I) Lower dissected leaf. Scale bar, 5 mm. (J) Paratype showing mature fruits and peg-like projections on the main shoot; to the left side is a lateral shoot with stamens and young fruits. Scale bar, 5 mm. (K) Enlargement of portion of (J). Shoot shows paired stamens (indicated by arrow). Scale bar, 2 mm. (L) Same as (J). A leaf base with missing petiole that extended across the lateral shoot with the distal portion of the dissected leaf preserved. Arrows indicate leaf base and leaf blade. Scale bar, 2 mm.

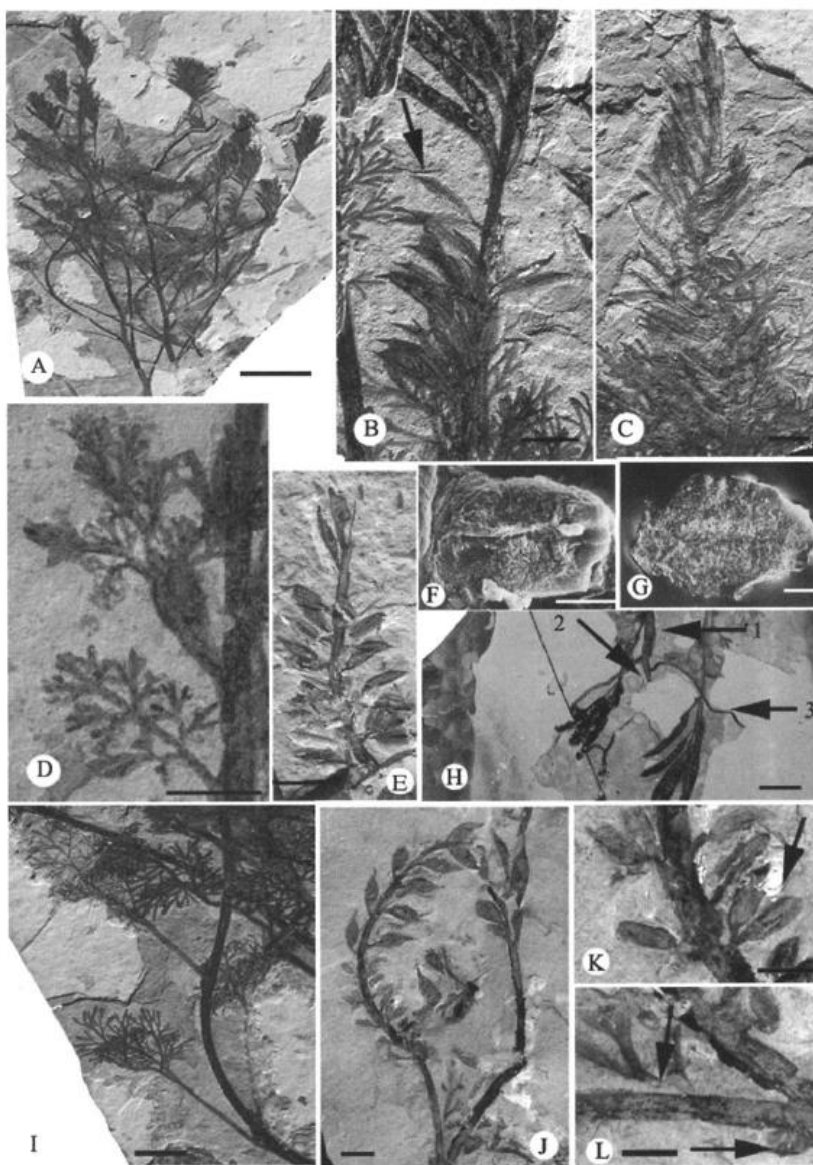


Fig. 3. Reconstruction of *A. sinensis*. These are terminal shoots. The main shoot is more mature so the stamens are deciduous, leaving short pegs. The latter shoot is younger, the carpels are smaller, and the stamens are borne in pairs on short pegs. For interpretation and reconstruction, see Fig. 2. [Diagram by K. Simons and D. Dilcher]



Jehol Biota

Arguniella



凌源额尔古纳蚌
Arguniella lingyuanensis

辽宁北票四合屯 早白垩世
Early Cretaceous, Sihe Tun, Beipiao, Liaoning

Ephemeropsis



<https://www.biolib.cz/IMG/GAL/106647.jpg>

Lycopera



鳞翅目
Lepidoptera

辽宁北票四合屯 早白垩世
Early Cretaceous, Sihe Tun, Beipiao, Liaoning

Jehol Biota



凌源鸟
辽宁义县
早白垩世 距今一亿四千五百万年



辽宁小鸟 (新种)
辽宁义县
早白垩世 距今一亿四千万年



辽宁
早白垩世

Jehol Biota

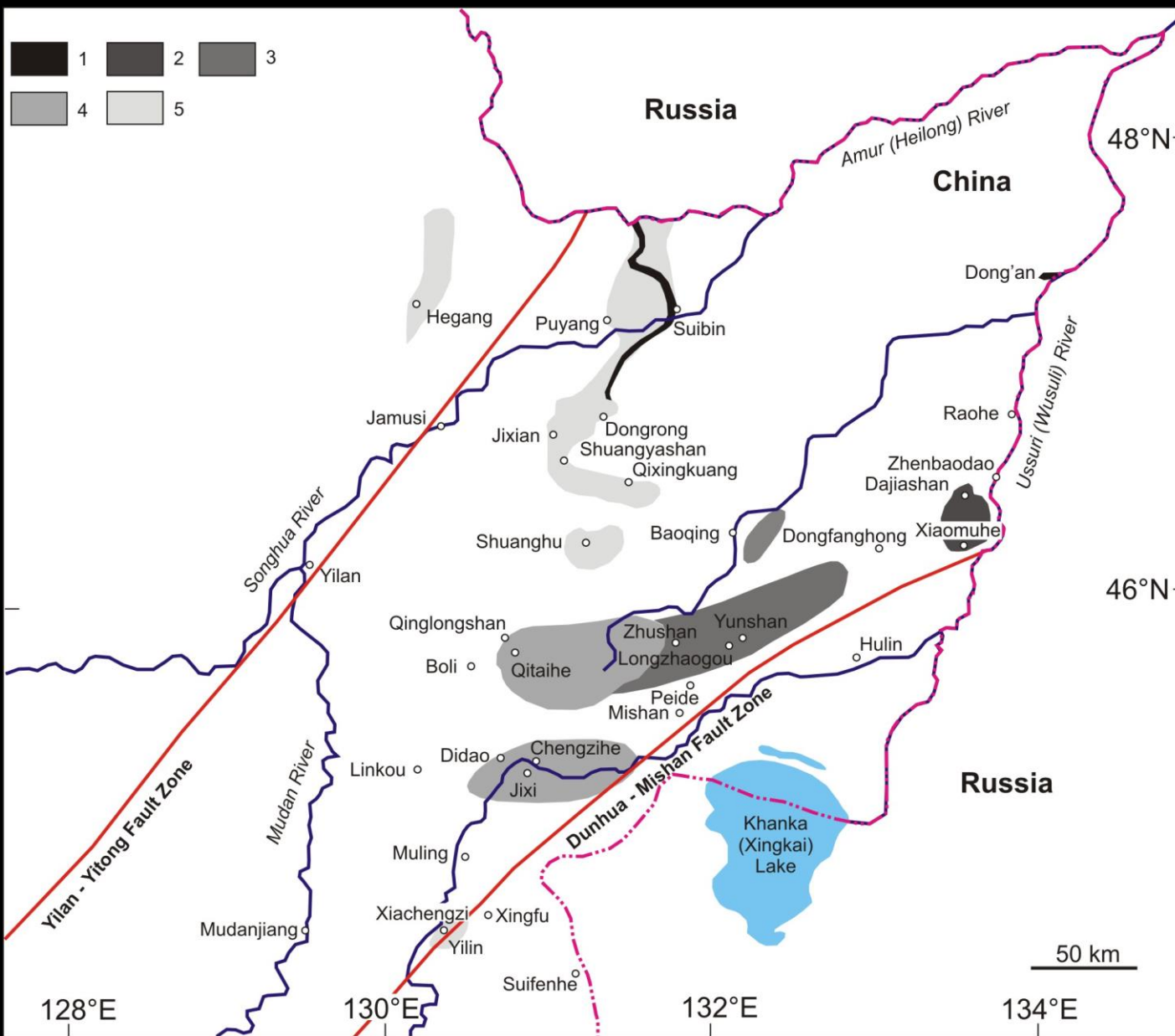


Jehol Biota



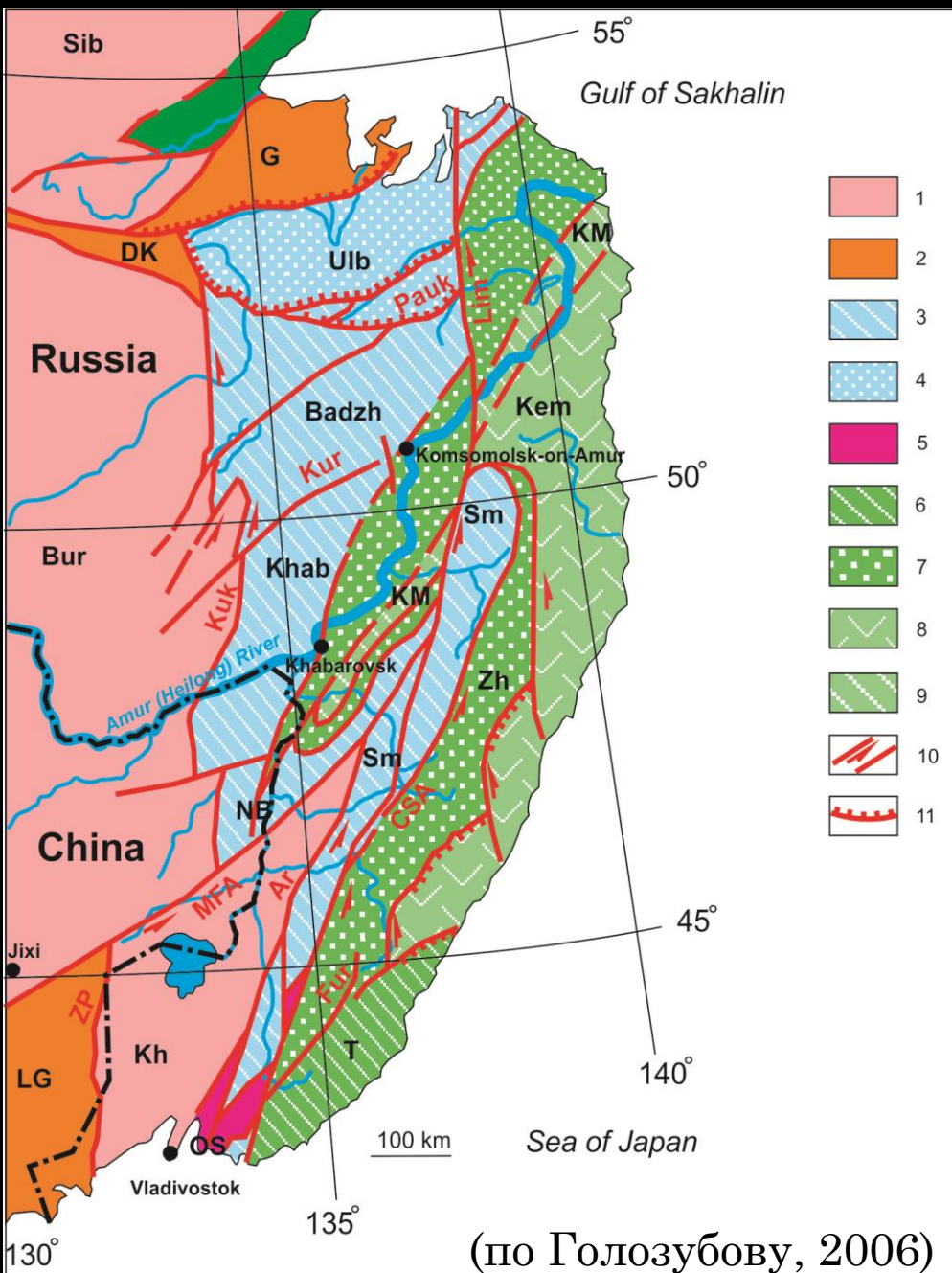
<https://www.sciencephoto.com>

Распространение верхнеюрских – нижнемеловых отложений на северо-востоке провинции Хэйлунцзян (СВ Китай)



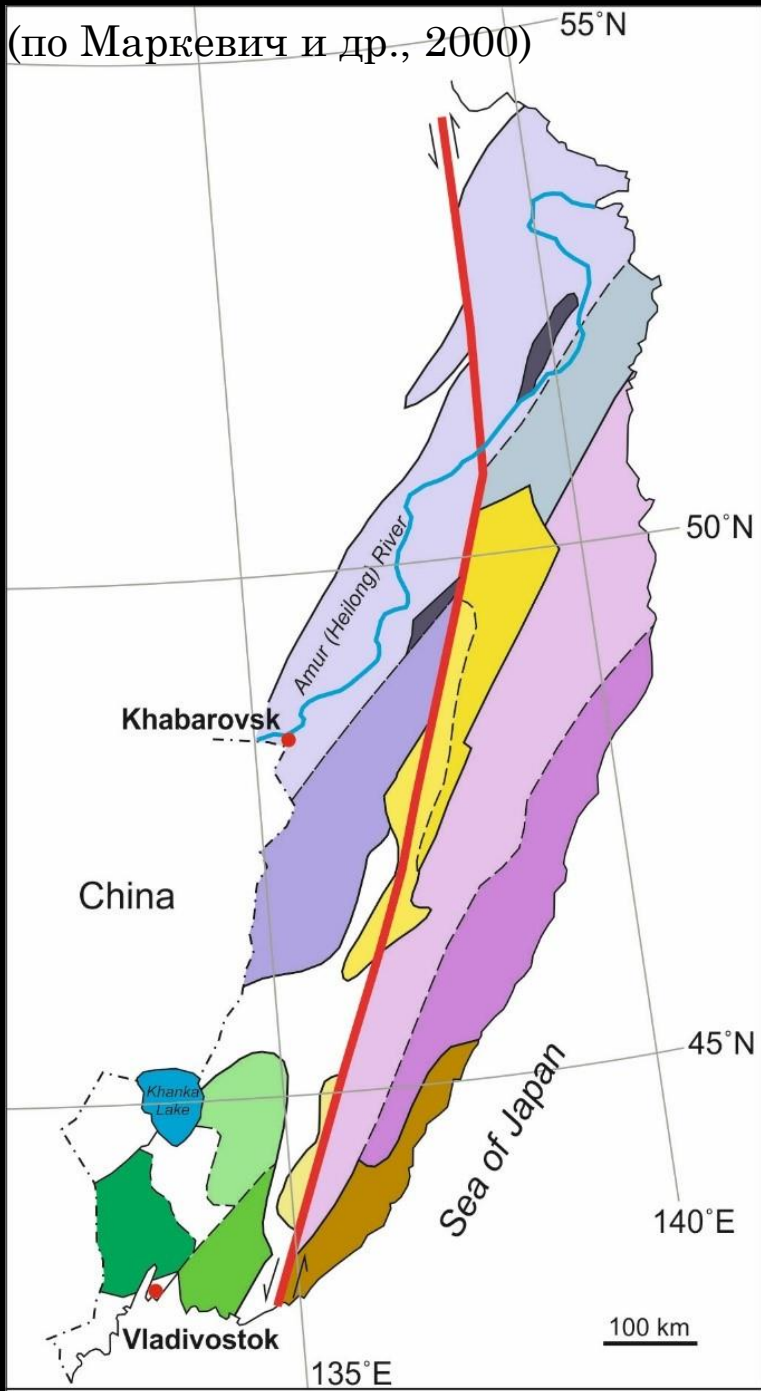
(по Sha et al., 2008)

Террейны Сихотэ-Алиня и прилегающих территорий



1 — докембрийские и раннепалеозойские террейны и супертеррейны: Sib — Сибирский кратон, Bur — Буреинский, Kh — Ханкайский; 2 — палеозойские террейны: DK — Джагды-Кербинский, G — Галамский, LG — Лаоэлин-Гродековский; 3-4 — юрские террейны: 3 — фрагменты аккреционной призмы: Sm — Самаркинский, NB — Наданьхада-Бикинский, Khab — Хабаровский, Badzh — Баджальский; 4 — фрагменты турбидитовых бассейнов: Ulb — Ульбанский; 5 — фрагменты докембрийско-раннепалеозойского континента, вошедшего в юрскую аккреционную призму: OS — Украинско-Сергиевский комплекс Самаркинского террейна; 6-9 — раннемеловые террейны-фрагменты: 6 — берриас-готеривской аккреционной призмы: T — Таухинский террейн; 7 — турбидитового бассейна типа strike-slip: Zh — Журавлевский террейн; 8 — баррем-альбской островодужной системы: Kem — Кемский террейн; 9 — альбской аккреционной призмы: KM — Киселевско-Маноминский террейн; 10 — левые сдвиги: Kuk — Куканский, Kur — Курский, Lim — Лимурчанский, MFA — Мишань-Фушуньский, Ar — Арсеньевский, CSA — Центрально-Сихотэ-Алиньский, ZP — Западно-Приморский, Fur — Фурмановский; 11 — надвиги, Pauk — Пауканский.

(по Маркевич и др., 2000)



Структурно-фациальное районирование Сихотэ-Алиня

Legend

		- Anyui zone
Central Sikhote-Alin uplift		- Khor-Dalnin zone
		- Okrainskoe zone
Pribrezhnoe uplift		
Eastern Sikhote-Alin basin		- Kema zone
		- Koppi-Luzhki zone
Western Sikhote-Alin basin		- Western Sikhote-Alin (= Bikin-Khor) zone
		- Tumnin zone
		- Gorin zone
		- Kieselevka-Manoma unit
South Primorye basin		- Razdolny depression
		- Partizansk depression
		- Arseniev depression

Палеогеография и палеобиогеография

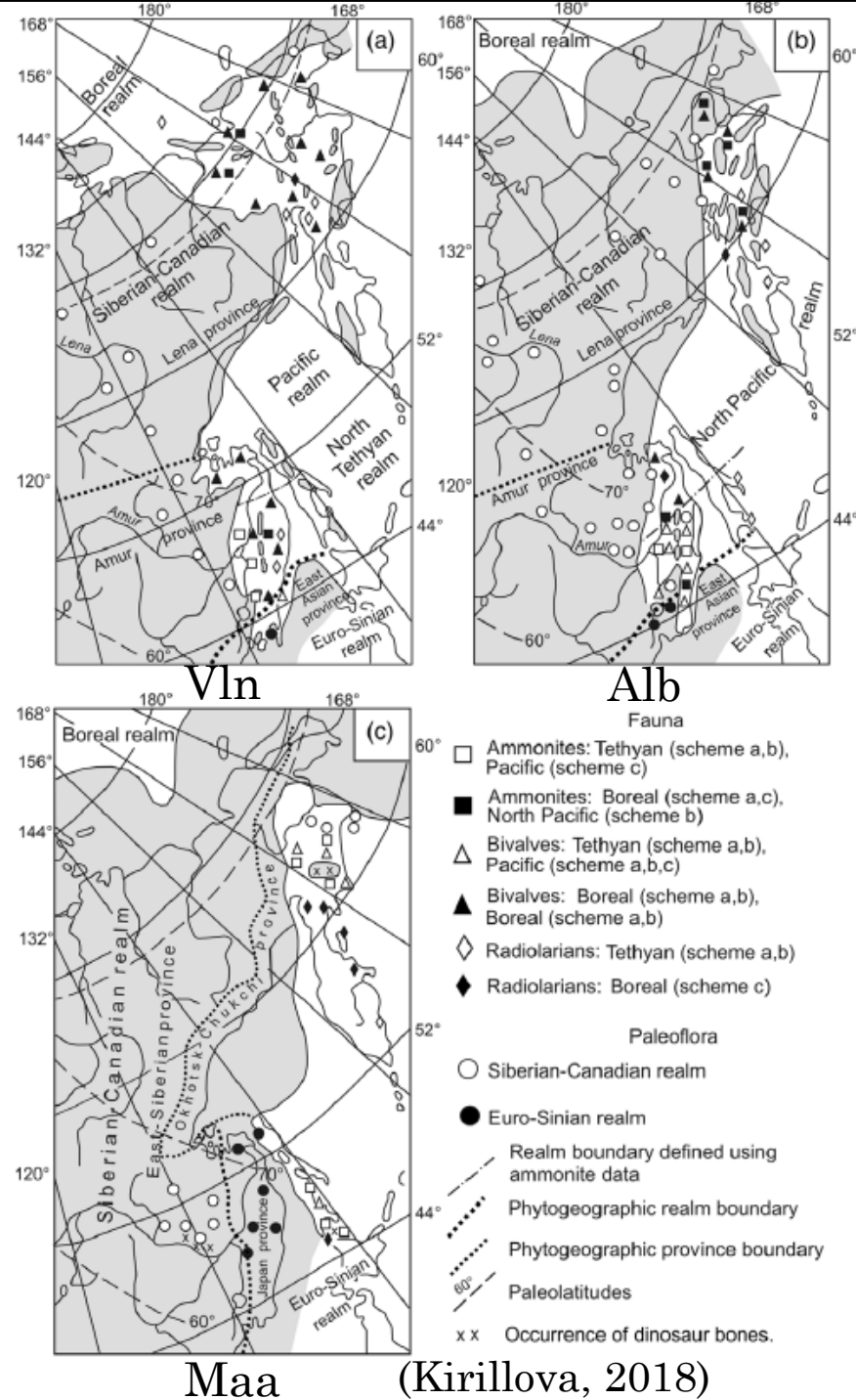


FIGURE 4 Map showing the paleobiogeographic zonation of eastern Russia (Kirillova, 2000). (a) Valanginian, (b) Albian and (c) Maastrichtian

Методы

- Биостратиграфический
- Радиометрический
- Анализ тектонических, седиментологических и трансгрессивно-регрессивных циклов

Supplemental Table 1. The biochronostratigraphic database for the - Albian of Sikhote-Alin and northeastern China						
1	Structural-facial zone/basin	Group	Formation/unit	Fossil assemblage and other data	Stratigraphic range	References
2	Gorin zone		Gornaya Protoka Formation	Bivalves <i>Inoceramus anglicus</i> , <i>Propeamussium</i> (<i>Parvamussium</i>) aff. <i>kimurai</i> , <i>Pleuromya borealis</i> , <i>Inoceramus</i> ex gr. <i>yabei</i> , <i>I.</i> aff. <i>amakusensis</i> , <i>I.</i> cf. <i>concentricus</i> , <i>I.</i> cf. <i>interruptus</i> , <i>Aucellina ucturiensis</i> , <i>A.</i> cf. <i>aptiensis</i> , <i>A.</i> ex gr. <i>caucasica</i> , <i>A.</i> cf. <i>carinata</i> , <i>A.</i> aff. <i>rhomboidea</i> , ammonites <i>Spitidiscus</i> aff. <i>rotula</i> , <i>Pseudotetragonites</i> cf. <i>kudrjavcevi</i> , <i>Cleonicerias</i> sp.	Barremian?/ Aptian - middle Albian	Turbin, 1994; Yazykova, 2001; Zonova and Yazykova, 2004; Sey et al., 2004
3			Machtovaya unit	Bivalves <i>Inoceramus</i> ex gr. <i>anglicus</i>	middle - upper Albian	State..., 2008
4			Silas Formation	Bivalves <i>Inoceramus</i> cf. <i>beringensis</i> , <i>I. ginterensis</i> , <i>I.</i> aff. <i>tenuistriatus</i> , <i>I. sichotealinensis</i> , <i>I. pressulus</i> , <i>I.</i> cf. <i>nipponicus</i> , <i>I.</i> ex gr. <i>Concentricus</i> .	upper Albian - lower Cenomanian	Sey et al., 2004
5			Uktur Formation	Foraminifera <i>Ammosiphonia nonioninoides</i> , <i>Cribrostomoides</i>	Barremian - lower Albian	Marinov and Amelin, 2019

40	Northeastern Heilongjiang	Huashan Group	Houshigou Formation	Non-marine bivalves <i>Trigonioides</i> (<i>Trigonioides</i>) <i>heilongjiangensis</i> , <i>Corbicula</i> ; <i>Pseudofrenelopsis</i> - angiosperms flora assemblage (Supplement 2).	Albian	(RTMCBFEH, 1986; Sha et al., 2003, 2009, 2012; Sha, 2007a
41			Xiachengzi Formation	Non-marine bivalves <i>Trigonioides</i> (<i>Trigonioides</i>) <i>heilongjiangensis</i> , <i>Sphaerium chientaoense</i> , <i>Unio heilongjiangensis</i> , <i>Plicatunio</i> (<i>Plicatunio</i>) cf. <i>naktongensis</i> , <i>Pisidium</i> cf. <i>fujianense</i> , <i>Sphaerium coreanicum</i> , <i>S. selenginense</i> , <i>S. fujianense</i> ; bivalves <i>Solemya</i> , <i>Inoceramyia</i> ?		Sha and Fürsich, 1993b; Gu et al., 1997; Sha, 2002, 2007a, 2009; Sha et al., 2003, 2008, 2009, 2012
42			Dongshan Formation	<i>Pseudocycas pecten</i> – <i>Sphenolepis kurriana</i> flora assemblage (Supplement 2).		Sun et al., 1995
43	NE Heilongjiang (Zhenbaodao - Dajiashan - Xiaomuhe area)	Dajiashan Group	Dumuhe Formation	no stratigraphically significant fossils	Barremian - Albian	Sha, 2007a
44			Baiheshan Formation	Bivalves <i>Aucellina caucasica</i> , <i>A. aptiensis</i> ,		Jiang et al., 2004; Pan and Zhu, 2004; Sha, 2002, 2007a; Sha et al., 2003,
45			Dajiashan Formation	gastropods <i>Nododelphinula</i>		He et al., 1999; Sha et al., 2003, 2009; Sha, 2007a
46			Xiaomuhe Formation	Dinoflagellate cysts <i>Oligosphaeridium</i> , <i>Odontochitina operculata</i> , <i>Gardodinium trabeculosum</i> , <i>Palaeoperidinium cretaceum</i>		Sha, 2007a
47			Nandatashan Formation	no stratigraphically significant fossils		

Схема корреляции верхнеюрских – меловых отложений Сихотэ-Алиня и северо-восточного Китая

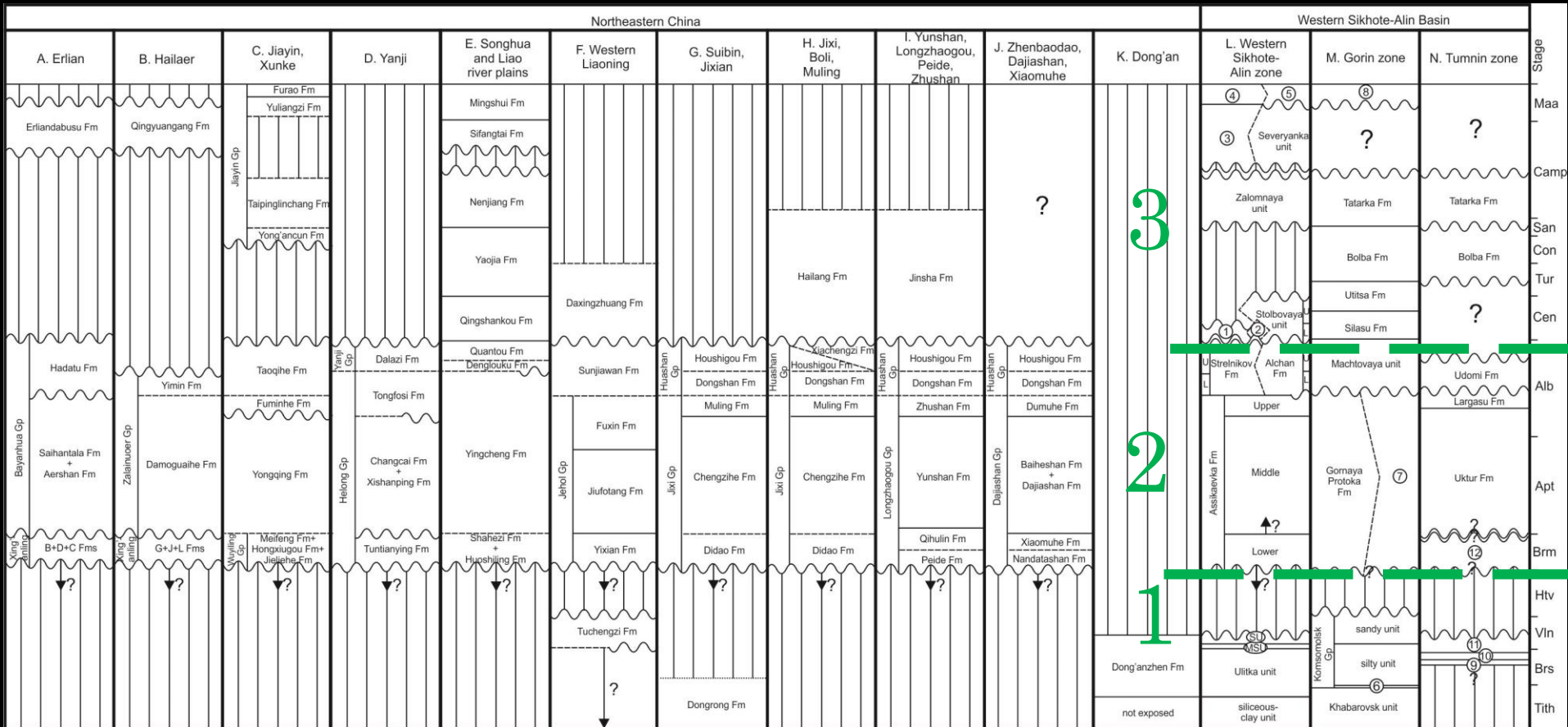


Схема корреляции верхнеюрских – меловых отложений Сихотэ-Алиня и северо-восточного Китая

Central Sikhote-Alin Uplift			Eastern Sikhote-Alin Basin		Pribrezhnoe Uplift	South Primorye Basin			Geological time scale				
O. Khor-Dalnin zone	P. Okrainskoe zone	Q. Anyui zone	R. Koppi-Luzhki zone	S. Kema zone	T. Pribrezhnoe zone	U. Razdolnaya River basin	V. Anastasievka, Bystraya, Belaya rivers basin	W. Partizanskaya, Sukhodol, Petrovka rivers basin	SH	Stage	Main transgressive-regressive cycles	Tethyan or Boreal influence	
	15		Bogopol Fm	Bogopol Fm	Bogopol Fm		24	26	Bog	Maastrichtian	R ↔ T	B	T
Dorofeevka Fm	Dorofeevka Fm		?	Samarga Fm	Samarga Fm		Dorofeevka Fm		Samarg	Campanian			
13		18	Primorye Gp	Primorye Gp	Primorye Gp		Primorye Gp	Primorye Gp	Monastyr	Santonian			
	14						Dostoevka Fm		Kis	Coniacian			
		17					23	25	Arz	Turonian			
			20	21			Korkino Gp	Korkino Gp	Petrozuevka	Cenomanian			
Klenovka unit			19						Luzhk	Albian	IV		
Kholminka Fm			Luzhki Fm	Luzhki Fm		Galenki Fm	22	Frentzevka Fm	Divnaya		IIIb		
	Sokolovka Fm		Svetlovodnaya Fm	?				Severny Suchan Fm					
			Divnaya Fm			Lipovtsy Fm			Katalevsky	Aptian	IIIa		
			Katalevsky Fm	Kema Fm				Stary Suchan Fm	Primanka	Barremian			
				Meandrovyi Fm		Ussuriysk Fm			U-Kol	Hauterivian	II		
Klyuchi Fm	Klyuchi Fm	Klyuchi Fm	Klyuchi Fm	Ust-Kolumbe Fm	Klyuchi Fm			Klyuchi Fm	Klyuchi	Valanginian	Ib		
		16	Zhuravlevka Fm	?	Taukhe Fm			Chigan Fm	Tukhe	Berriassian	Ryazanian	Ia	
		Dzhaur Fm/ volcanogenic-terrigenous unit	Js?			Js?			Tithonian	Volgian	upper middle lower		

Схема корреляция верхней юры – готерива Сихотэ-Алиня и СВ Китая

[illegible]

**Корреляция верхней юры – готерива
Сихотэ-Алиня и СВ Китая с
Бореальным стандартом
(Захаров и др., 1997; Никитенко и др., 2013)**

Stage	Sub-stage	Boreal Ammonite Standard	Buchiazones for Asiatic part of Russia	Sikhote-Alin and northeastern China							
Hauterivian		<i>Simbirskites decheni</i>	?	Subin area	Dong'an area	WSA zone	Gorin zone	Anyui zone	Koppi-Luzhki zone	Pribrezhnoe zone	South Primorye zone
		<i>Speetonicer as versicolor</i>	<i>Buchia crassicolis</i>								
		<i>Pavlovites polyptychoides</i>									
		<i>Homolosomes bojarkensis</i>									
Valanginian	upp.	<i>Dichotomites bidichotomus</i>	<i>Buchia sublaevis</i>	Dong'an zhen Fm	Ulitka unit	sandy unit	sandy unit	Klyuchi Fm			
		<i>Siberites ramulicosta</i>									
	lower	<i>Euryptychites astrieriptychus</i>	<i>Buchia keyserlingi</i>								
		<i>Euryptychites quadrifidus</i>									
		<i>Neotollia kimovskensis</i>	<i>Buchia inflata</i>								
Ryazanian (= Boreal Bertassian)		<i>Tollia tolli</i>	<i>Buchia tolmatschowi</i>	Dong'an zhen Fm	Ulitka unit	silty unit	silty mudstone, sandstone, gravelstone, conglomerate, siliceous-clayey rocks, lava and tuffs	Zhuravlevka Fm	Taukhe Fm		
	<i>Bojarkia mesezhnikowi</i>	<i>Buchia jazikovii</i>									
	<i>Surites analogus</i>	<i>Buchia okensis</i>									
	<i>Hectoroceras kochi</i>	<i>Buchia volgensis</i>									
	<i>Chetaites sibiricus</i>	<i>Buchia unschensis</i>									
	<i>Chetaites chetae</i>	<i>Buchia obliqua</i>									
	<i>Craspedites taimyrensis</i>										
Volgian	upper	<i>Craspedites okensis</i>	<i>Buchia obliqua</i>	Dongrong Fm	Ulitka unit	RAU	silty mudstone, sandstone, gravelstone, conglomerate, siliceous-clayey rocks, lava and tuffs	Zhuravlevka Fm	Taukhe Fm		
		<i>Epilaugeites vogulicus</i>								<i>Buchia taimyrensis</i>	
		<i>Laugeites groenlandicus</i>									
	<i>Crenonites</i> spp.	<i>Buchia russiensis</i>									
	<i>Dorsoplanites maximus</i>		<i>Buchia rugosa</i>								
	<i>Dorsoplanites ilovaiski</i>										
	<i>Pavlovina iatriensis</i>	<i>Buchia mosquensis</i>									
	<i>Pectininites pectinatus</i>										
	<i>Subdichotomoceras subcrassum</i>		<i>Buchia mosquensis</i>								
	<i>Eosphinctoceras magnum</i>										
Kimmeridgian	upper	<i>Suboxydiscites taimyrensis</i>	<i>Buchia ex gr. tenuistriata</i>	Dongrong Fm	Ulitka unit	RAU	silty mudstone, sandstone, gravelstone, conglomerate, siliceous-clayey rocks, lava and tuffs	Zhuravlevka Fm	Taukhe Fm		
		<i>Aulacostephanus eudoxus</i>									
		<i>Aulacostephanus mutabilis</i>									
	lower	<i>Amoeboceras Ritchini</i>	<i>Rasenia borealis</i>							<i>Buchia concentrica</i>	
<i>Pictionia involuta</i>											
Oxfordian	upper	<i>A. rozenkrantzi</i>	<i>Praebuchia kirghisensis</i>	Dongrong Fm	Ulitka unit	RAU	silty mudstone, sandstone, gravelstone, conglomerate, siliceous-clayey rocks, lava and tuffs	Zhuravlevka Fm	Taukhe Fm		
		<i>Amoeboceras regulare</i>									
		<i>Amoeboceras serratum</i>									
		<i>Amoeboceras glosense</i>									
		<i>Cardioceras tenuiserratum</i>									
	middle	<i>Cardioceras densiplicatum</i>	<i>Praebuchia kirghisensis</i>								
		<i>Cardioceras cordatum</i>									
		<i>Cardioceras percaelatum</i>									
	lower	<i>Cardioceras gloriosum</i>	<i>Praebuchia orientalis</i> (upper part)								
		<i>C. obliteratum, C. scarburgense</i>									

Схема корреляция баррема–альба Сихотэ-Алиня и СВ Китая

[illegible]

Схема корреляция баррема-альба Сихотэ-Алиня и СВ Китая

[illegible]

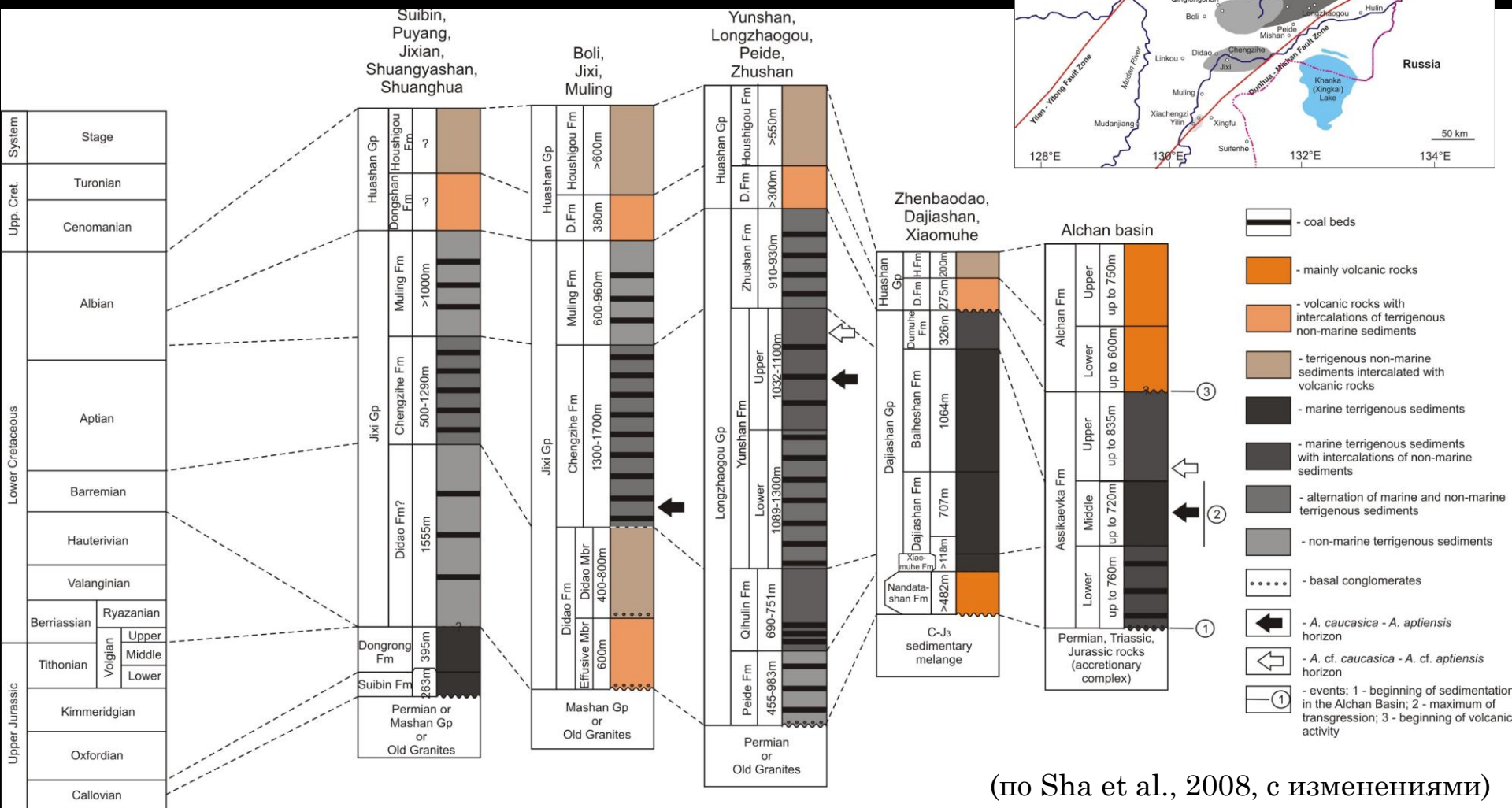
Схема корреляция баррема-альба Сихотэ-Алиня и СВ Китая

Haut		Barremian		Aptian		Albian	
Primanka		Katalevsky		Divnaya		Luzhki	
				Svetl		Petr	
Marine faunistic assemblages		Bivalves and gastropods		Ammonites		Marine faunistic assemblages	
Inoceramus colonicus		Cricoceratites cf. emericii, Barremites sp., Spitidiscus aff. rotula		Inoceramus cf. anglicus		Inoceramus cf. beringensis, I. ginterensis, I. aff. tenuistriatus, I. sichotealinensis, I. pressulus, I. cf. nipponicus, I. ex gr. concentricus	
Aucellina caucasica - A. aptensis		Acanthopliotes aschiltaensis, A. cf. spathi, A. ex gr. abichi, A. ex gr. bigoti, Parahoplites sp., Hamiticeras sp.		Inoceramus ex gr. anglicus		Paragastropilites flexicostatus, P. ex gr. spiekeri, Grycia pereziana	
Inoceramus anglicus, I. ex gr. yabei, I. aff. amakusensis, I. cf. concentricus, I. cf. interruptus, Aucellina cf. aptensis, A. ex gr. caucasica, A. ucturiensis, A. cf. carinata, A. aff. rhomboidea, Propeamussium (Parvamussium) aff. kimurai, Pleuromya borealis, Pseudotetragonites cf. kudrjavcevi, Cleoniceras sp., Sptitdiscus aff. rotula		Uktur Fm		Larg		Udomi Fm	
Gornaya Protoka Fm		Machtovaya unit		Silasu		Gorin zone	
Inoceramus ex gr. aucella, I. colonicus		Inoceramus anglicus, I. ex gr. yabei, Hemiasiter judinkensis, Ammosiphonia beresoviensis, A. nonioninoides, Bathysiphon vitta, Recurvroides cf. leushiensis, Cribrostomoides repetinus, C. ex gr. obesus, Trochammina ex gr. rutherfordi		Ammosiphonia [= Cribrostomoides] nonioninoides - Cribrostomoides repetinus		Tumnin zone	
Kholminka Fm		Paragastropilites ex gr. spiekeri, Entolium utukokense, Thracia semiplana, T. cf. phillipsi, Pleuromya sp. ind., "Callista" pseudoplana, Ussuritrigonia cf. ussurica, Buchotrigonia sp. ind., Oxytoma camselli, Camptonectes ex gr. dattermani, Liostrea sp. ind., Modiolus sp., Lima sp. ind. Klenovka unit Trigonoioides sp., Sphaerium cyclica, S. cf. anderssoni, Campeloma cf. yiniensis, C. cf. tani, C. clavalithiformis, Viviparus sp., Liostrea sp., Amphidonte sp., "Callista" sp.		Khor-Dalnin zone		Okrainskoe zone	
Sokolovka Fm		Upper part: Entolium utukokense, Aucellina caucasica, A. aptensis, A. anthulai, Pleuromya kelleri Lower part: Phyllopacchiceras cf. chitinanum, Kosmatella cf. cappsi, Puzosia alaskana, Parasilezites cf. bullatus, Hulenites ex gr. reesidei, H. ex gr. jimboi, A. caucasica, A. aptensis, A. ucturiensis, A. anthulai, Entolium utukokense					

Схема корреляция баррема-альба Сихотэ-Алиня и СВ Китая

[illegible]

Корреляция баррем? – альбских отложений северо-востока провинции Хэйлунцзян (КНР) и Западно-Сихотэ- Алиньской СФЗ



(по Sha et al., 2008, с изменениями)



Благодарю за внимание!