

КИНЕМАТИКА КРУПНЫХ СДВИГОВЫХ СИСТЕМ САН-АНДРЕАС, ЛЕВАНТ И ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОГО ПАЛЕОРИФТА

В.С. Куриленко¹, Е.П. Олейник²

(Рекомендовано чл.-кор. НАН Украины О.Б. Гинтовим)

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: geoj@bigmir.net
Старший научный сотрудник.*

² *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина.
Соискатель, и.о. младшего научного сотрудника.*

Проведен анализ сдвиговой кинематики разломных зон Сан-Андреас и Левант. Установлено резкое ускорение сдвигов в четвертичное время. Описаны сдвиговые деформации Днепровско-Донецкого палеорифта, которые произошли в авлакогенную стадию развития ($D_3fr_2 - C_1v_1$). Сдвиговая составляющая палеорифта – 300-400 км, скорость сдвига – 5-10 км/млн лет. Предложено принять участие в Международном космическом эксперименте по мониторингу координат заданных точек на поверхности Земли с целью изучения их кинематики и создания детальной карты геокинематики и неотектоники.

Ключевые слова: сдвиг, глубинный разлом, геокинематика, неотектоника, Сан-Андреас, Левант, Днепровско-Донецкий палеорифт.

KINEMATICS OF DISPLACEMENT DEFORMATIONS SAN-ANDREAS, LEVANT AND DNIEPER-DONETSK PALEORIFT

V.S. Kurilenko¹, E.P. Oliynuck²

(Recommended by correspondend member NAS of Ukraine O.B. Gintov)

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: geoj@bigmir.net
Senior research woker.*

² *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine.
Post-graduate, acting junior research woker.*

Analysis of the displacement kinematics of the break zones San-Andreas and Levant had in this article. It has established sharp acceleration of displacements for Quaternary period. It has described deformations of Dnieper-Donetsk paleorift, which had take place at avlacogen stage of its development ($D_3fr_2 - C_1v_1$). The paleorift's displacement had 300-400 km. The speed of displacement was 5-10 km/mln.yers. It is necessary to take part in International space experiment to monitoring of coordinates of definite points on Earth surface with the purpose of study their kinematics and for a detailed geokinematic and neotektonics map creating.

Key words: displacement, deep-break, geokinematic, neotektonic, San-Andreas, Levant, Dnieper-Donetsk paleorift.

КІНЕМАТИКА ВЕЛИКИХ ЗСУВНИХ СИСТЕМ САН-АНДРЕАС, ЛЕВАНТ І ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО ПАЛЕОРИФТУ

В.С. Куріленко¹, О.П. Олійник²

(Рекомендовано чл.-кор. НАН України О.Б. Гінтовим)

¹ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: geoj@bigmir.net
Старший науковий співробітник.

² Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна.
Здобувач, в.о. молодшого наукового співробітника.

Проведено аналіз зсувної кінематики розломних зон Сан-Андреас та Левант. Встановлено значне прискорення зсувів у четвертинний час. Охарактеризовано зсувні деформації Дніпровсько-Донецького палеорифту, які відбулись в авлакогенну стадію розвитку ($D_3fr_2 - C_1v_1$). Зсувна складова палеорифту дорівнює 300-400 км, швидкість зсуву – 5-10 км/млн років. Запропоновано взяти участь у Міжнародному космічному експерименті стосовно моніторингу координат даних точок на поверхні Землі з метою вивчення їхньої кінематики та побудови детальної карти геокінематики і неотектоніки.

Ключові слова: зсув, глибинний розлом, геокінематика, неотектоніка, Сан-Андреас, Левант, Дніпровсько-Донецький палеорифт.

Введение

Глубинные разломы, развиваясь в течение длительного времени, контролируют распределение формаций горных пород и играют важную роль в размещении месторождений полезных ископаемых. Они характеризуются большими глубинами заложения (десятки и сотни километров) и огромной пространственной протяженностью (сотни и тысячи километров), расчленяя литосферу (земную кору и верхнюю часть мантии) на отдельные разновеликие блоки – относительно подвижные глыбы или плиты.

Подвижность литосферных блоков по латерали на один-два порядка выше вертикальных движений, которые «сдерживаются» в основном гравитационными силами. Например, скорость эрозии равнин и низменностей составляет от 50 до 100 м/млн лет, горных областей – 500 м/млн лет; скорость тектонических поднятий – 1000 м/млн лет, горизонтальных движений – 10 000 м/млн лет [Оллиер, 1984]. Горизонтальные смещения осуществляются по плоскости одного крупного сдвига или по серии эшелонированных мелких сдвигов, образующих в совокупности системы сдвиговых структур. Такими системами

являются глубинные разломы **Сан-Андреас** (США) и **Левант** (Ближний Восток). Эти разломы долгоживущие и весьма активны в наше время.

Результаты изучения разломных систем могут использоваться при исследовании Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), с которой связаны основные ресурсы углеводородного сырья Украины. Известно, что в основе ДДВ лежит палеорифт, который является глубинным раздвигом планетарного масштаба. Выявление общих черт развития сдвиговых систем позволит найти новые аргументы для доказательства реальности сдвигового механизма в ДДВ, по-новому осветить историю ее развития и тектоническое строение.

Краткий анализ исследований крупных сдвиговых деформаций

Учение о глубинных разломах основано американским геологом У. Хоббсом (1911), который впервые указал на то, что основные черты земной поверхности и фундаментальные структуры земной коры определены закономерно ориентированной первичной сетью разломов – линеаментами.

Зарубежные тектонисты XX в. (Ф. Тейлор, А. Вегенер, Г. Клоос, Г. Штилле, М. Хилл, Г.В. Уэлман, Э.У. Спенсер, С.У. Кэри, Э. Хиллс и др.) показали доминирующее значение глубинных разломов в формировании плана земной коры и сдвиговый характер перемещений вдоль них. Важным событием стало открытие крупных широтных разломов в северо-восточной части Тихого океана (Г. Менард, 1955) и вдоль срединных хребтов всех океанов (Дж. Т. Вильсон, 1957).

Советские ученые В.А. Обручев, А.П. Карпинский, И.Г. Кузнецов, В.Е. Хаин, А.И. Суворов, Б.А. Иванов, Г.Д. Ажгирей и другие внесли большой вклад в изучение региональной геологии с позиций разломно-блоковой тектоники, с учетом первичной роли вертикальных разломов и перемещений вдоль них. Развитию сдвиговой тектоники способствовали исследования А.В. Пейве («Разломы и горизонтальные движения земной коры», 1963), П.С. Воронова, А.Н. Заварицкого и Н.С. Шатского. Установлено, что сдвиговый механизм играет одну из ведущих ролей в тектогенезе и размещении полезных ископаемых. Анализ с позиций сдвиговой тектоники позволяет создать более полные геодинамические представления об истории развития регионов.

Конец XX – начало XX ст. характеризуется созданием множества геотектонических гипотез и попытками преодолеть взаимные противоречия путем выбора общих точек зрения. По мнению В.Е. Хаина, разрабатываемая Новая глобальная геодинамика (тектоника) Земли должна включать рациональные наработки тектоники плит, определяемой как многоярусная конвекция в мантии и взаимодействие астеносферы и литосферы (Ю.М. Пушаровский, Л.И. Лобковский, М.А. Гончаров и др.), так и тектоники плюмов, зарождающихся на границе «ядро – мантия» (адвекция глубинного вещества) и контролирующей вещественно-тепловой режим литосферы (Л.П. Зоненшайн, П.Н. Кропоткин, Е.И. Паталаха и др.) с учетом космических факторов, определяющих цикличность эндогенных процессов (Ю.Н. Авсюк, Л.А. Маслов, А.Е. Куликович и др.) [Хаин, 2010].

Украинские геологи успешно применяют новые геодинамические идеи для изучения глубинного строения регионов Украины (М.Е. Герасимов, О.Б. Гинтов, А.М. Истомин, И.В. Карпенко, Е.М. Старосельский, О.С. Ступка, К.Ф. Тяпкин, Н.Н. Шаталов, В.В. Юдин и др.). В свете новых представлений тектоническое строение Украины рассматривается как сложный коллаж палеомикроконтинентов (Украиния, Араттия), островных и вулканических дуг, краевых и задуговых рифтогенных прогибов, прилегающих к палеократону Лавруссия (Лавразия, Родиния) с юга и юго-запада [Юдин, 2008].

Целью статьи является описание кинематики крупных сдвиговых разломов Сан-Андреас и Левант. Результаты исследования данных разломов могут использоваться при изучении ДДВ, в основании которой лежит палеорифт со значительной сдвиговой составляющей [Рослый, 2006; Kyrylenko et al., 2010]. Анализ сдвиговой тектоники позволяет создать более полные представления о геологическом строении и истории развития регионов Украины, о размещении в их пределах месторождений полезных ископаемых.

Материал исследования и научные результаты

В геологической литературе содержатся сведения о крупных сдвиговых деформациях с указанием их горизонтальных амплитуд, что наглядно демонстрируют примеры, ставшие классическими: Таласо-Ферганский (Средняя Азия) – до 260 км; Грейт-Глен (Шотландия) – 104 км; сдвиг Мертвого моря (Левант) – 107 км; сдвиг Альпин (Новая Зеландия) – 350 км; разлом Сан-Андреас (Калифорния) – 560 км [Кэрри, 1991; Милановский, 1976; Науки..., 1970; Хаин, 1973].

Основным признаком выделения сдвиговых движений является один из динамических параметров землетрясений – горизонтальная составляющая. Новейшие движения проявляются в смещениях русел водотоков, речных и прибрежно-морских террас, береговых линий, искусственных сооружений и посадок, подтверждаются инструментально методами повторных

геодезических замеров и спутниковой навигации. Палеотектонические движения фиксируются по сдвиговым смещениям линейных структурных элементов, береговых линий, осадочных толщ и магматических тел в обнажениях и на аэрокосмических снимках. Например, дробление, смятие, катаклаз и милонитизация пород в полосе шириной до 1,5 км характерны для разломов Грейт-Глен, Альбин и Сан-Андреас. Чем древнее разлом, тем менее обоснована данными фактами величина сдвига вследствие последующих деформаций маркирующих горизонтов. Более молодые напластования горных пород обычно вуалируют древний разлом, но почти всегда проявляются остаточные подвижки, и в осадочном чехле над разломом образуются полосы кулисообразно расположенных дизъюнктивных и пликативных дислокаций [Оллиер, 1984; Хаин, 1973].

Согласно классификации сдвиговых систем, различают сдвиговые разрывы левосторонние и правосторонние [Науки..., 1970]. Под влиянием пары сил синистрального (против часовой стрелки) или дестрального (по часовой стрелке) кручения разломы приобретают изогнутую форму в виде буквы **S** или ее зеркального отображения – **Z**. Дугообразная форма сдвига свидетельствует о сосредоточенном боковом давлении. Прямолинейность сдвиговых нарушений выдерживается на расстоянии не более нескольких десятков километров.

Проблемой сдвиговой тектоники является пространственная компенсация значительных горизонтальных смещений. Установлено, что сдвиговые смещения компенсируются либо за счет образования надвигов и складок на концах разломов, либо путем погружения океанической коры под континентальную в зонах субдукции, либо за счет скольжения плит относительно друг друга [Оллиер, 1984; Хаин, 1973], в том числе вдоль Тетической левосторонней и Циркумтихоокеанской правосторонней сдвиговых зон [Кэри, 1991]. Скорости сдвиговых деформаций изменяются от 1-2 до 20-40 км/млн лет [Оллиер, 1984].

Разлом Сан-Андреас является крупной сдвиговой системой с правосторонним смещением. Он входит в состав Циркумтихоокеанской сдвиговой зоны и связан с трансформными разломами в северо-западной части Тихого океана. Разлом простирается от мыса Мендосино на севере и до Калифорнийского залива на юге, переходя в зону спрединга между плитами Тихоокеанской и Кокос. Его общая длина около 1300 км (рис. 1, А). Среднее простирание разлома (ЮВ 140°) составляет острый угол (20°) с общим простиранием структур Калифорнии (ЮВ 160°). На участке пересечения Поперечных хребтов зона разломов отклоняется в широтном направлении (ЮВ 110°), и здесь же ответвляется правосторонний разлом Гарлок (СВ 60°) [Хаин, 1973]. В зоне разлома Сан-Андреас неоднократно регистрировались землетрясения с горизонтальными смещениями до 5-6 м; скорость горизонтальных смещений, инструментально определяемых с 1970 г., составляет 3-5 см/год [Оллиер, 1984; Хаин, 1973].

Из таблицы и рис. 1, Б следует, что скорости горизонтальных смещений сначала увеличивались незначительно – от 0,83 в мальме до 3,81 км/млн лет в эоцене. В последующем вплоть до настоящего времени наблюдается резкий рост средних интервальных скоростей от 8,57 в олигоцене – раннем палеоцене до 17,50 км/млн лет в плиоцене. Некоторые снижения скоростей в среднем, позднем палеоцене и плейстоцене не нарушают общую тенденцию.

Разлом Левант с левосторонним сдвигом относится к Тетической сдвиговой зоне. Он простирается в меридиональном направлении от залива Акаба Красного моря на юге до Сирии на севере (рис. 2, А). Разлом связан с общим процессом горизонтального смещения Аравийской плиты относительно Африканской платформы и синистральным поворотом ее на 7-8°, с раздвигом грабена Красного моря. Разлом является определяющим элементом рифтовой системы, состоящей из трех кулисообразно расположенных грабенов: залива Акаба (длина грабена 250 км и ширина 20-30 км), грабена долины Вади-эль-Джейб,

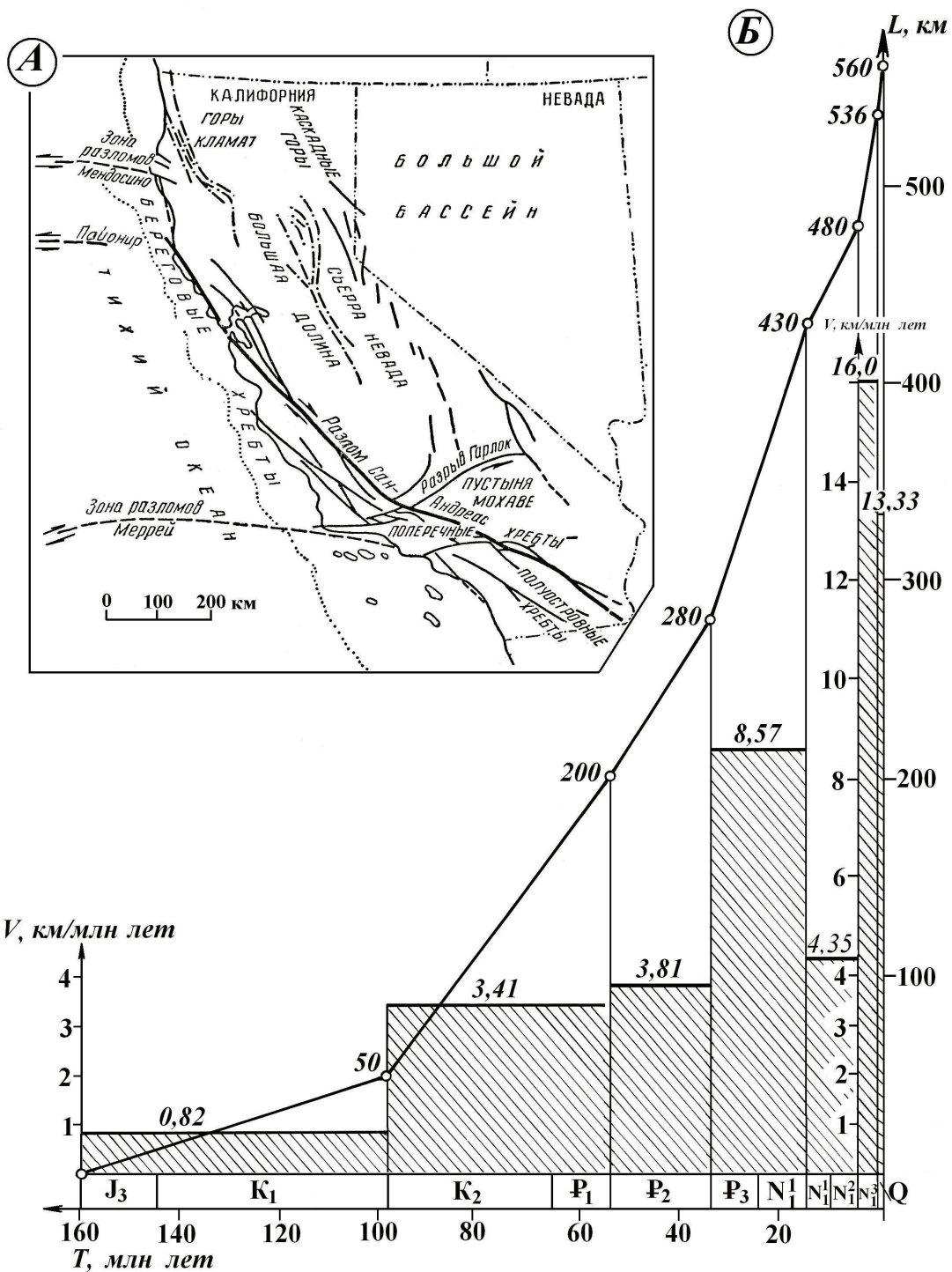


Рис. 1. Система разломов Сан-Андреас, Калифорния

А – схема размещения разломов и сопряженных с ним структур [Хаин, 2010]; Б – графики роста горизонтального смещения (L) во времени (T) и скорости сдвига (V) вдоль основного разлома Сан-Андреас [Оллиер, 1984]

Fig. 1. The system of breaks San-Andreas, California

А – the schematic map of breaks and structures attended by them [Хаин, 1973]; Б – the diagrams of increase horizontal displacement's (L) in time (T) and velocity displacement's (V) along the main break [Оллиер, 1984]

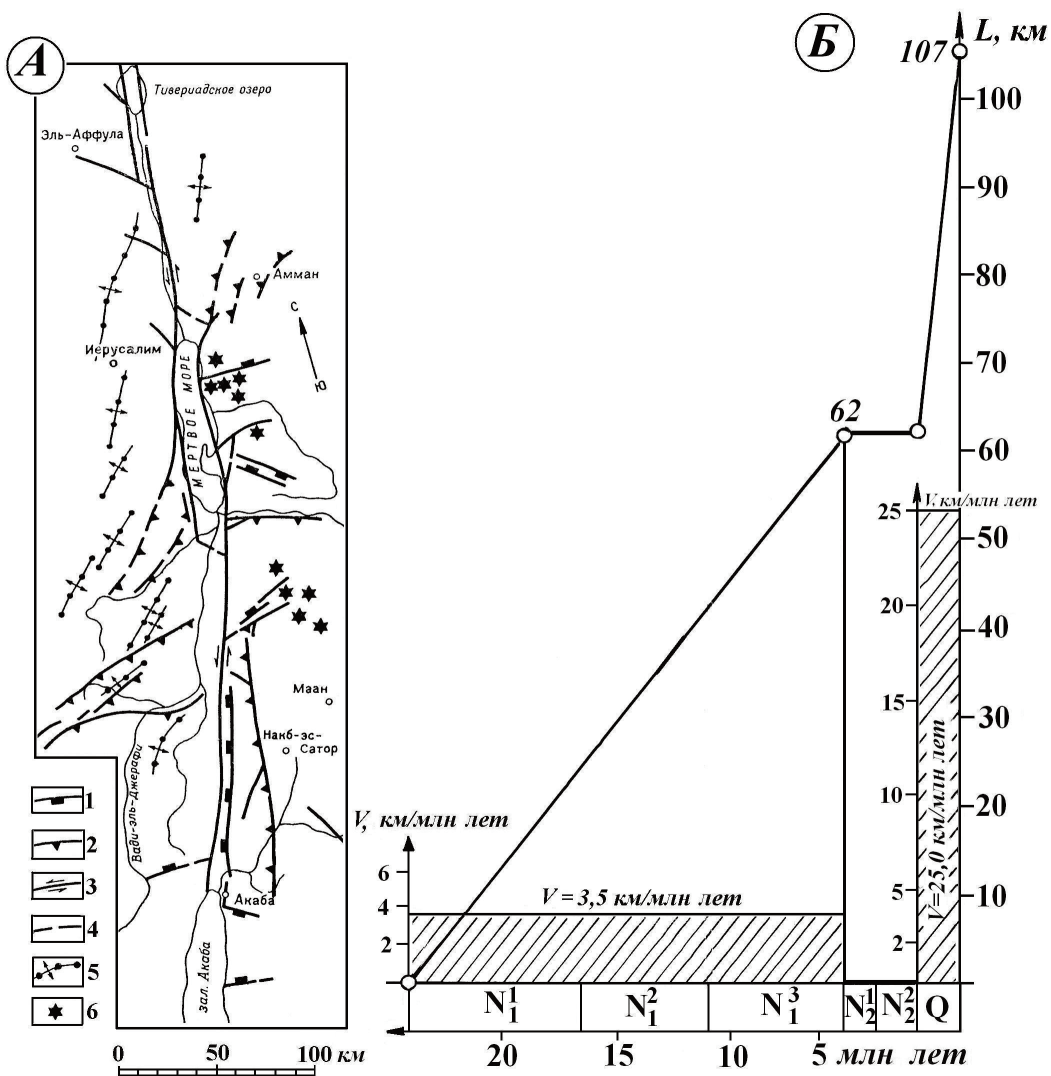


Рис. 2. Левантская система разломов

А – структурная схема (по А.М. Кэннелу, 1958) [Милановский, 1976]; Б – графики роста горизонтального смещения (L) во времени (T) и скорости сдвига (V) грабена Мертвого моря (по данным [Оллиер, 1984])
 1 – сбросы; 2 – надвижки; 3 – сдвиги; 4 – скрытые разломы; 5 – оси крупных складок; 6 – вулканы

Fig. 2. The Levant system of breaks

А – structural schematic map (data A. M. Quennell, 1958) [Milanovsky, 1976]; Б – the diagrams of increase horizontal displacement's (L) in time (T) and speed displacement's (V) the Red Sea's graben [Оллиер, 1984])
 1 – faults; 2 – thrusts; 3 – displacement; 4 – hide breaks; 5 – axes of big folds; 6 – volcanos

Мертвого моря и низовий р. Иордан (длина 200 км и ширина 10-20 км) и грабена верховий р. Иордан и Тивериадского озера (длина около 100 км и ширина 10-15 км) [Милановский, 1976].

Величина горизонтального смещения в районе Мертвого моря – 107 км. Перемещения осуществлялись в две фазы: в течение раннемиоценово-раннеплиоценового времени (временной интервал от 23,0

до 5,3 млн лет назад) на 62 км, а также с середины плейстоцена до настоящего времени (1,8 млн лет) на 45 км [Милановский, 1976; Оллиер, 1984]. Средние скорости горизонтальных подвижек составляли соответственно 3,5 и 25,0 км/млн лет (рис. 2, Б). Обращает внимание более чем шестикратное превышение скорости сдвига в плейстоценовую эпоху в сравнении с миоценовой.

Расчет скорости сдвиговой деформации вдоль разлома Сан-Андреас (Калифорния)
The calculation of the speed to displacement along the San-Andreas break (California)

Стратиграфические реперы	J_2/J_3	K_1/K_2	E_1/E_2	E_2/E_3	N_1^1/N_1^2	N_1^3/N_2	N_2/Q	Настоящее время
Возраст, млн лет	160	99	55	34	16,5	5 1,8	0	
Современное смещение, км	560	510	360	280	130	80	24	0
Смещение, нарастающее во времени, км	0	50	200	280	430	480	536	560
Временной интервал, млн лет	61	44	21	17,5	11,5	3,2	1,8	
Смещение по временным интервалам, км	50	150	80	150	50	56	24	
Скорость смещения, км/млн лет	0,82	3,41	3,81	8,57	4,35	17,5	3,33	

Набирающие скорость сдвиги разломных систем Сан-Андреас и Левант – по-видимому, явления одной природы, вызванные расширением Земли. По мнению многих ученых (В.Ф. Блинов, В.П. Иванкин, И.Л. Добрецов, М.Л. Верба, С.У. Кэри и др.), расширение Земли является причиной разрастания океанского дна, расхождения и поворотов материков, формирования разломных зон, что вызывает нарушения сбалансированного взаимодействия инерционных и гравитационных сил. М.Л. Верба отмечает, что с позднеюрского-раннемелового времени до олигоценного процесс генерации океанической коры ускорился в 4 раза, а к настоящему времени – в 5 раз [Верба, 2003].

Сдвиговые деформации Днепровско-Донецкого рифта (ДДР). ДДР является составной частью геодинамически активной протяженной линейной правосторонней сдвигово-сбросовой деформации земной коры, маркируемой аэрокосмическими методами как Сарматско-Туранский линеамент (СТЛ). Линеамент геоморфологически выражен Припятским прогибом, ДДВ, Донецким кряжем, Сальско-Маньчской грядой (вал Карпинского в Предкавказье) и простирается далее по обе стороны.

О существовании глобального сдвига вдоль описываемого палеорифта свидетельствуют такие данные [Рослый, 2006]: 1) взаимное правостороннее смещение каледонид Скандинавии и Шотландии приблизительно на 300 км; 2) смещение Оршанского грабена вдоль СТЛ вправо

относительно Волынского грабена на 300 км (оба грабена в рифейское время до начала подвижки, очевидно, составляли единое целое); 3) в основе Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловин лежит южное звено Доно-Медведицкого меридионального грабена также рифейского возраста, отсеченное и смещенное вправо вдоль оси линеаментов примерно на 300 км; 4) правостороннее смещение апикальных частей Украинского щита (УЩ) и Воронежского кристаллического массива (ВКМ), составивших в архее – раннем протерозое единый Сарматский щит, на те же 300 км.

Мы приводим дополнительные аргументы в пользу существования данной сдвиговой системы. Известно, что ДДР был наложен под углом 40-60° к простиранию субмеридиональных раннепротерозойских складчатых структур Криворожского и Курского железорудных комплексов (с ними связаны линейные магнитные аномалии) и подстилающих их архейских зеленокаменных зон. Полагают, что эти структуры и зоны, распространенные по обе стороны от ДДР, соединяются под ним [Геология..., 1991]. Однако они имеют существенно различное простирание (на УЩ – СЗ 330-340°; на ВКМ – СВ 10-20°) с большим правосторонним смещением.

Нами выполнена реконструкция по восстановлению «целостности» Сарматского палеощита путем выстраивания в одну линию магнитных аномалий Криворожской и Курской железорудных формаций как первоначально единой линейной структуры

и «закрытия» ДДР (рис. 3). Мы считаем, что косою разрыв под углом 60° к оси предполагаемой линейной структуры положил начало правостороннему сдвигу и расширению рифтовой расщелины. УЩ сместился вправо на 400 км и испытал дестральный поворот на 38° относительно южной окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в районе ВКМ (разницу в цифрах 300 и 400 км мы объясняем тем, что УЩ двигался по дугообразной траектории под углом к оси палеорифта с поворотом). Радиус поворота – 650 км, а центр вращения (полюс Эйлера) постепенно смещался на «современный север» на 150 км. При

этом «северные» и «южные» звенья раннепротерозойских складчатых структур состыковались совсем в ином порядке, чем рисуются на существующих тектонических схемах [Геология..., 1991; Субботин и др., 1985].

Сложное движение УЩ является одной из причин изломанности оси данного палеорифта, невыдержанности его линейных параметров. Оси грабенов, составляющих палеорифт, имеют такие азимуты простирания: Припятский – ЮВ-В $95-100^\circ$, Днепровский – ЮВ 125° , Донбасс – ЮВ-В $110-120^\circ$; образуется Z-образная форма, характерная для дестральных зон кручения. Припятский

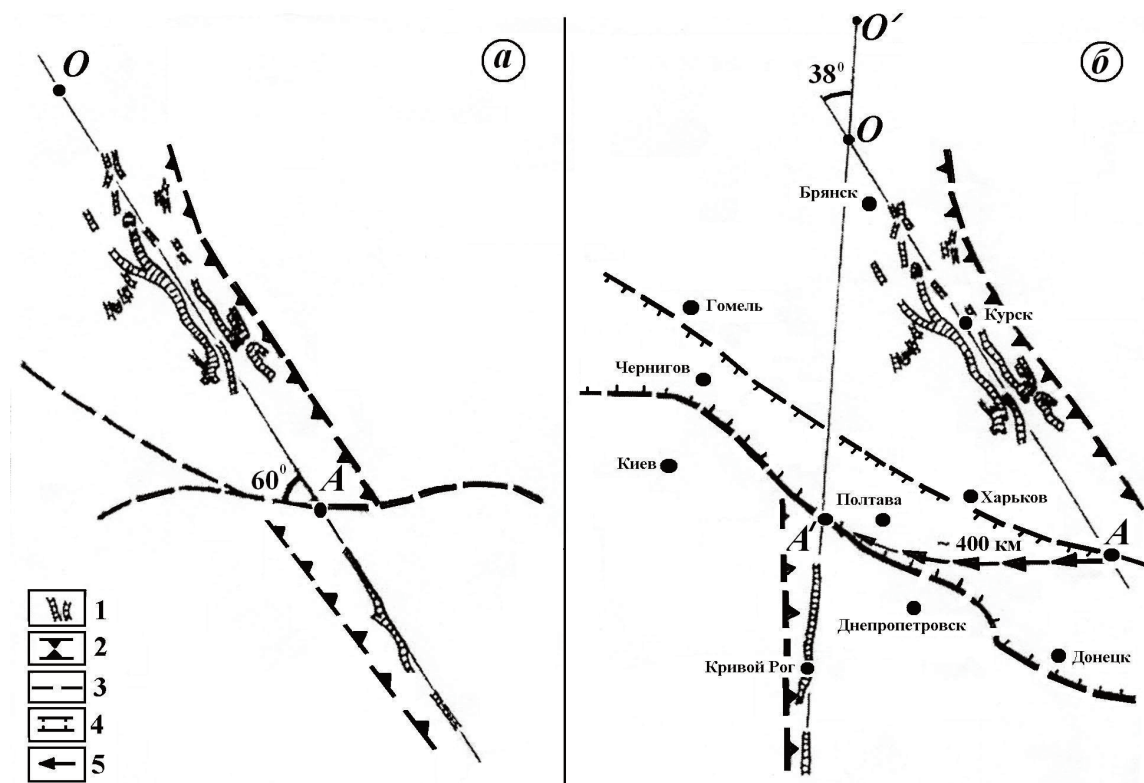


Рис. 3. Схема образования Припятско-Днепровско-Донецкой системы палеорифтов [Kyrilenko et al., 2010]

а – положение прибортовых зон палеорифтов и структур железорудных формаций в позднепротерозойское (до-рифейское) время (1000 млн лет назад); б – современное положение

1 – магнитные аномалии раннепротерозойского возраста (криворожская и курская серии); 2 – условные границы протерозойского бассейна формирования железисто-кремнистых пород; 3 – позднепротерозойский (рифейский) разлом в теле Сарматского палеошифта; 4 – краевые разломы палеорифтов; 5 – траектория смещения условной точки А-А'; О-О' – смещение оси вращения УЩ

Fig. 3. Schema for formation of Pripyat-Dnieper-Donetsk system of paleorifts [Kyrilenko et al., 2010]

а – location of board's zones of paleorifts and structures of iron-ore formations in lateproterozoics time (lateproterozoic (riphean) fault in massif of Sarmat's paleoshield; 4 – boundaries faults of 1000 mln. year. ago); б – present location

1 – magnetic anomalies in earlyproterozoic time (Krivorog's and Kursk's series); 2 – conditional boundaries of proterozoic basin for formation iron-siliceous rocks; 3 – paleorifts; 4 – boundaries fault of paleorifts; 5 – trajectory of movement of conventional point А-А'; О-О' – displacement of rotation axid of Ukrainian shield

грабен расширяется в западном направлении от 110 до 160 км, Днепровский – в юго-восточном от 75-90 до 110-130 км. В результате пары краевых разломов расходятся под углами 20° в Припятском и $8-10^\circ$ в ДДР с вершинами, упирающимися в Брагинско-Лоевский выступ. По мнению А.В. Чекунова, этот выступ играл роль шарнира между грабенами и обеспечивал разнонаправленное вращательное движение блоков [Субботин и др., 1985]. Сочленение Днепровского грабена и Донецкой складчатой системы кулисообразное, граница между ними спорная.

Начало активизации описываемой сдвиговой системы относится, вероятно, к позднему неопротерозою – раннему венду, т.е. к байкальской эпохе тектогенеза [Геология..., 1991; Милановский, 1983]. Система наложена на более древнюю (ранне- и даже катаархейского возраста) субширотную линейную подвижную зону фундамента (вдоль Полесской границы [Милановский, 1983]). Видимо, проявилась начальная (дивергентная) фаза тектогенеза, связанная с растяжением и расколом южной окраины ВЕП. Образовалась рифейская система грабенов. Один из них, протяженностью 300 км и более от Полтавы до Донбасса и, возможно, далее на восток, считается родоначальной структурой ДДР [Геология..., 1991]. Этот грабен представляет собой узкую (шириной до 60 км) глубокую расщелину, заполненную рифей-вендскими отложениями толщиной более 10 км. Его можно рассматривать как трансформный разлом, осложнявший в свое время субмеридиональную зону спрединга Палеоуральского океана [Юдин, 2008]. С каледонской эпохой тектогенеза связано раскрытие ордовик-силурийского океана Палеотетис; Донецкому грабену соответствовал узкий морской залив с впадающим в него Палеоднепром.

Герцинская эпоха тектогенеза является основной в формировании ДДР; с нею связана авлакогенная фаза его развития ($D_3fr_2 - C_1v_1$). Она проявилась мощной правосторонней сдвиговой деформацией вдоль СТЛ на 300-400 км, расколом Сарматского палеошита на УЩ и ВКМ, дестральным поворотом и отходом УЩ от

южной окраины ВЕП по схеме, изложенной выше (рис. 3). При продолжительности активной фазы тектогенеза 40-60 млн лет [Науки..., 1970] предполагаемая горизонтальная скорость сдвига составляла 5-10 км/млн лет.

Рифтообразование сочеталось с растяжением, раздвигом и дроблением блоков фундамента и осадочного чехла, сопровождалось бурной вулканической деятельностью, сбросообразованием всевозможных типов, листрическим скалыванием, разворотом, опрокидыванием и проседанием отдельных блоков, обширными лавинно-оползневными явлениями. По-видимому, в это же время произошел откол Приазовского кристаллического блока от УЩ, его синистральный поворот на $15-20^\circ$ и некоторое отставание от УЩ в общем движении на северо-запад с образованием сопутствующих структур (Молочанского грабена, Конкско-Ялынской впадины) [Субботин и др., 1985], что свидетельствует о неравномерном движении блоков вдоль СТЛ в пределах ДДР [Гинтов, Пашкевич, 2010].

В последующие более спокойные стадии развития рифтогенной системы, синеклизно-миогеосинклинали и синеклизную, сдвиговые деформации продолжали развиваться, но менее интенсивно. В киммерийскую эпоху тектогенеза произошло размежевание Днепровского и Донецкого грабенов: в первом из них после непродолжительного воздымания в пермское время возобновился режим прогибания (образовалась ДДВ), во втором, получившем название Донецкого бассейна, усилились процессы подъема и активного складкообразования [Геология..., 1991]. Вклад инверсионных процессов складчатого Донбасса в суммарную амплитуду описываемого трансрегионального сдвига неясен и требует специального исследования, хотя известны многокилометровые горизонтальные смещения вдоль глубинных разломов. Например, горизонтальные правосторонние сдвиги вдоль Дзержинского поперечного разлома увеличиваются от 3-5 км на южном окончании и 15-18 км в зоне Главной антиклинали до 60-70 км на севере [Смишко, 1985]. В центральной части ДДР (Днепровский грабен) известны

специфичные «соляно-сдвиговые» валы и структуры, возникшие в результате взаимодействия двух процессов – галокинеза и горизонтального сдвига при различных условиях тангенциальных напряжений [Василенко, 2014].

Итак, исследуемая сдвиговая система вдоль ДДР древняя, долгоживущая, активно наращивавшая свою амплитуду вплоть до последнего времени. В ландшафте и глубинном строении региона наблюдаются неотектонические процессы: кольцевые и линейные аэрокосмические аномалии – проявления тангенциальных и нормальных деформаций в осадочном чехле, листрические разломы и надвиги. Сдвиговые правосторонние деформации четко прослеживаются вдоль Смеловско-Холмского диагонального разлома, в местах излома СТЛ, вдоль цепочек соляных штоков в центральных и юго-восточной частях ДДВ [Геология..., 1991; Рослый, 2006; Kyrilenko et al., 2010].

Новейшие горизонтальные движения уверенно регистрируют современными методами дешифрирования космических снимков в сочетании с прецизионными измерениями положения опорных пунктов GPS (Global Positioning System) [Авдушкин и др., 2013]. Для описываемого региона установлены горизонтальные смещения в юго-восточной части ДДР и на прилегающем борту УЩ 3-3,5 мм/год, а в северо-западной части и на прилегающем склоне ВКМ 0,5-1 мм/год. Очевидно правостороннее сдвиговое смещение вдоль СТЛ со скоростью до 2,5 мм/год [Лубков, 2013].

Учитывая чрезвычайную важность проблемы изучения геокинематики земной коры для геологических и прикладных народнохозяйственных нужд, было бы желательно участие Украины в Международном космическом проекте по измерению геодезических координат заданных точек земной поверхности с повторениями, выявляющими их кинематику [Удинцев, Багров, 2011/2012]. В заданных точках устанавливаются автономные световые маячки, которые, в отличие от опорных пунктов GPS, не нуждаются в постоянном обслуживании (разработчик – НПО им. С.А. Лавочкина, РФ). Угловые расстояния между маячками

определяют с помощью бортового оптического дугомера-интерферометра (разработчики – Институт астрономии РАН и НПО им. С.А. Лавочкина). Точность измерений исключительно высокая – до 0,1 мм.

Заключение

При сравнении трех описанных сдвиговых систем очевидны общие черты их развития, генетического родства, несмотря на разное время их активизации (Сан-Андреас и Левант – кайнозойское, ДДР – позднепалеозойское) и разное геотектоническое положение. Все они связаны с расколом древних платформ на дивергентном этапе цикла Вильсона и зарождением новых океанов. Они являются начальными клинообразными звеньями протяженных зон спрединга: разлом Сан-Андреас на юге переходит в Калифорнийскую рифтовую зону, разлом Левант – в рифтовую зону Красного моря, ДДР в свое время также развивался как спрединг океана Палеотетис. Но у ДДР более длительная история развития; он пережил конвергентную стадию, испытал частичную инверсию (Донбасс) и перешел к платформенному этапу.

Выводы

На основании проведенного исследования можно утверждать следующее:

1. Проведен графический анализ скоростей сдвига разломных систем Сан-Андреас и Левант. Установлено резкое возрастание скоростей в кайнозое (особенно в четвертичное время) до 17,5 и 25,0 км/млн лет, соответственно.

2. Рассмотрены сдвиговые деформации ДДР. Сдвиговая составляющая палеорифта – 300-400 км. Основная фаза сдвига совпадает с авлакогенной стадией развития палеорифта ($D_3fr_2 - C_{1v_1}$), продолжительностью 40-60 млн лет. Средняя скорость сдвига – 5-10 км/млн лет.

3. Для решения проблемы современных сдвиговых деформаций в пределах ДДВ, Донбасса и других регионов Украины (Крым, Карпаты) желательно принять участие в Международном проекте по мониторингу геодезических координат заданных точек земной поверхности с целью выявления их кинематики. Реализация этого

проекта позволит создать детальную карту геокинематики и неотектоники Земли, в том числе Украины, измерить геотектонические движения в зонах глубинных разломов.

4. Изучение сдвиговых систем на базе детальной карты геокинематики и неотек-

тоники Украины позволит по-новому осветить историю ее геологического развития и геотектоническое строение, повысит уровень научного прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

Список литературы / References

1. Авдушкин В.В., Санина И.А., Владимирович И.С., Габсатаров Ю.В., Горбунова Э.М., Иванченко Г.Н. Современные геодинамические зоны центральной части Восточно-Европейской платформы. Докл. АН РФ. 2013. Т. 452, № 5. С. 558-561.

Avdushkin V.V., Sanina I.A., Vladimirova I.S., Gabsatarov Yu.V., Gorbunova E.M., Ivantshenko G.N., 2013. The contemporaries geodynamical zones in the Central part of the East-European platform. Doklady AN RF, vol. 452, № 5, p. 558-561 (in Russian).

2. Василенко О.Л. Структурно-тектонічні особливості південно-східного сегменту Дніпровсько-Донецького рифтогену (з позиції здвигової тектоніки). Вісн. Харків. нац. ун-ту. 2014. № 1084. С. 40-44.

Vasylenko O.L., 2014. The structural-tectonics peculiarity of the north-eastern segment of the Dnieper-Donetsk riftogen (a position of displacement tectonics). Visnyk Kharkivskogo Natsionalnogo Universytetu, № 1084, p. 40-44 (in Ukrainian).

3. Верба М.Л. Разрастание дна Мирового океана как следствие расширения Земли. Отеч. геология. 2003. № 4-5. С. 11-15.

Verba M.L., 2003. Growing of the World ocean's ground as effect of the Earth's broadening. Otechestvennaya geologiya, № 4-5, p. 11-15 (in Russian).

4. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 569 с.

Gintov O.B., 2005. Field tectonophysics and its application for the studies of deformations of the Earth's crust of Ukraine. Kiev: Feniks, 569 p. (in Russian).

5. Гинтов О.Б., Пашкевич И.К. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита. Геофиз. журн. 2010. Т. 32, № 2. С. 3-27.

Gintov O.B., Pashkevitch I.K., 2010. Tectonophysics analysis and geodynamic interpretation of three-dimensional geophysical model of the Ukrainian shield. Geofizicheskiy zhurnal, vol. 32, № 2, p. 3-27 (in Russian).

6. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинные разломы и комбинированные нефтегазоносные ловушки / отв. ред. В.К. Гавриш. Киев: Наук. думка, 1991. 172 с.

Geology and oil-gas potential of the Dnieper-Donetsk depression. The depth breaks and the combinable petroleum container traps, 1991. (Ed. V.K. Gavrish). Kiev: Naukova Dumka, 172 p. (in Russian).

7. Кэрри С.У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. Москва: Мир, 1991. 448 с.

Carey S.W., 1991. In search of conformity to natural laws of the development to the Earth and Universe. Moscow: Mir, 448 p. (in Russian).

8. Лубков М.В. Сучасні горизонтальні рухи Дніпровсько-Донецької западини. Геоінформатика. 2013. № 4 (48). С. 52-57.

Lubkov M.V., 2013. The contemporaries horizontal movements of the Dnieper-Donetsk depression. Geoinformatika, № 4 (43), p. 52-57 (in Russian).

9. Милановский Е.Е. Рифтовые зоны континентов. Москва: Недра, 1976. 280 с.

Milanovsky E.E., 1976. The rifted zones of the continents. Moscow: Nedra, 280 p. (in Russian).

10. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). Москва: Недра, 1983. 280 с.

Milanovsky E.E., 1983. Riftogenesis in history of the Earth (riftogenesis on the old platforms). Moscow: Nedra, 280 p. (in Russian).

11. Науки о Земле. Система рифтов Земли / ред. Т. Ирвинг. Москва: Мир, 1970. 280 с.

Sciences about the Earth. The world rift system, 1970. (Ed. T. Irving). Moscow: Mir, 280 p. (in Russian).

12. Оллиер К. Тектоника и рельеф. Москва: Недра, 1984. 460 с.

Ollier C., 1984. Tectonics and landforms. Moscow: Nedra, 460 p. (in Russian).

13. Рослий І.С. Регіональний рифтогенез, геодинаміка і нафтогазоносність Дніпровсько-Донецького авлакогену. Київ: УкрДГРІ, 2006. 330 с.

Rosly I.S., 2006. Regional genesis, geodynamics and oil-gas content of the Dnieper-Donetsk avlacogen. Kyiv: UkrDGRI, 330 p. (in Ukrainian).

14. Смишко Р.М. Главные разломы Донецкого бассейна и связанные с ними сдвиги. *Геотектоника*. 1985. № 2. С. 120-125.

Smishko R.M., 1985. The main breaks to the Donetsk basin and the displacements had been bound up. *Geotektonika*, № 2, p. 120-125 (in Russian).

15. Субботин С.И., Соллогуб В.Б., Чекунов А.В. Строение и эволюция земной коры Украины и сопредельных регионов Тетиса в свете новых данных и представлений. *Геофиз. сб. АН УССР*, 1985. № 70. С. 13-44.

Subbotin S.I., Sollogub V.B., Tshekunov A.V., 1985. Structure and evolution of the Earth's crust to the Ukraina and the contiguous Tetis' in light of new facts and ideas. *Geofizicheskiy sbornik AN USSR*, № 70, p. 13-44 (in Russian).

16. Удинцев Б.Г., Багров А.В. Исследования геотектоники континентальных и океанических плит на основе высокоточных геодезических измерений с борта космического аппарата. *Укр. Антаркт. журн.* 2011/2012. № 10-11. С. 36-38.

Udintsev B.G., Bagrov F.V., 2011/2012. Exploration of geotectonics of the continental and ocean plates on the basis of high-exact geodesic measurements from board the artificial satellite. *Ukrainskiy Antarkticheskiy zhurnal*, № 10-11, p. 36-38 (in Russian).

17. Хаин В.Е. Об основных принципах строения подлинно глобальной модели динамики Земли. *Геология и геофизика*. 2010. № 6. С. 753-760.

Khain V.E., 2010. Constructing a truly Global Model of the Earth's dynamics: the basin principles. *Geologiya i geofizika*, № 6, p. 753-760 (in Russian).

18. Хаин В.Е. Общая тектоника. Москва: Недра, 1973. 512 с.

Khain V.E., 1973. General tectonics. Moscow: Nedra, 512 p. (in Russian).

19. Юдин В.В. Геодинамика Черноморско-Каспийского региона. Киев: УкрГГРИ, 2008. 117 с.

Yudin V. V., 2008. Geodynamics of the Blacksea-Caspian region. Kiev: UkrGGRI, 117 p. (in Russian).

20. Курilenko В., Петрова Е., Гусынина Т. Towards the problem of genesis of Pripyat-Dnieper-Donetsk avlacogen. *Геофиз. журн.* 2010. № 4. С. 73-75.

Kurilenko V., Petrova E., Gusynina T., 2010. Toward the problem of genesis of Pripyat-Dnieper-Donetsk avlacogen. *Geofizicheskiy zhurnal*, № 4, p. 73-75 (in English).

Статья надійшла
07.11.2013