

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ГОРИЗОНТОВ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ ВДОЛЬ ПРОФИЛЯ ГУБКИН-ЖЕРДЕВКА

И. Т. Ежова^{1,2}, Л. И. Надежка^{1,2}

¹ Воронежский государственный университет

² Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба
Российской академии наук»

Поступила в редакцию 9 декабря 2016 г.

Аннотация: на основе анализа корреляционных связей степени изрезанности современного рельефа и глубин залегания основных границ в осадочном чехле и в кристаллической коре установлено, что линейных связей, в целом, не наблюдается. Исключение составляет Лосевская шовная зона, где отмечается значимая положительная связь изрезанности современного рельефа и глубины подошвы гранито-гнейсового и диоритового слоев. Возможно, это связано с процессами, протекающими в этой структуре на больших глубинах.

Ключевые слова: Воронежская антеклиз, степень изрезанности современного рельефа, границы слоев осадочного чехла, кристаллической коры, коэффициент корреляции.

THE CORRELATE ANALYSIS OF MAIN HORIZONS OF THE SEDIMENTARY COVER AND CRYSTALLINE FOUNDATION OF THE VORONEZH ANTECLINE ALONG THE GUBKIN-ZHERDEVKA PROFILE

Abstract: based on the analysis of correlations degree of irregularity and basic modern relief bedding boundaries depths in the sedimentary cover and set in the crystalline crust that linear relationships are generally not observed. The exception is Losevskaya suture zone, where there is a significant positive relationship irregularity modern relief and depth of the sole of the granite - gneiss and diorite layers. Perhaps this is due to the processes taking place in the structure at greater depths.

Key words: Voronezh anticline, the degree of irregularity of the modern relief, border layers of sedimentary cover, crystalline crust, the correlation coefficient.

Проблема соотношения параметров рельефа, при-
поверхностных тектонических деформаций земной
коры со структурами и процессами глубоких слоев
литосферы остается весьма актуальной [1]. В соответ-
ствии с этим в настоящей статье предпринята попытка
установить корреляционные связи между глубинами
залегания различных горизонтов литосферы в пре-
делах Воронежской антеклизы. Корреляционный ана-
лиз может быть использован в качестве доказатель-
ства генетического родства коррелируемых признаков
или их формирования под воздействием общих при-
чин [2]. Анализ проведен вдоль сейсмического про-
филя Губкин-Жердевка. Профиль пересекает такие
крупные структурные единицы докембрийского фун-
дамента, как мегаблок КМА, Хоперский мегаблок и
Лосевскую шовную зону, расположенную между ни-
ми (рис. 1). Каждая из этих структурных единиц ха-
рактеризуется своими особенностями, выраженными
в различиях времени консолидации, геодинамических
условиях формирования, в составе слагающих пород,
отличиями разреза осадочного чехла их перекрываю-

щего. Вместе с тем, сейсмический профиль позволяет
получить информацию о разрезе земной коры и вер-
хов мантии в каждом из перечисленных структурных
подразделений [3, 4]. Строение этого разреза в пре-
делах каждой из выделенных структурных единиц име-
ет свои отличия [5]. В пределах Лосевской шовной
зоны отмечается аномально мощный гранито-гнейсо-
вый слой (до 28 км), мощность диоритового слоя
здесь сокращена до 5 км. Выявлено большое количе-
ство тектонических нарушений, проникающих в вер-
хи мантии. В мегаблоке КМА мощность гранито-
гнейсового слоя сокращена, а диоритового – увеличе-
на до 15 км. Мощность коры в целом сокращена, пе-
реход кора-мантия резкий, со скачком скорости.
Мощность коры в восточной части профиля возрастает
до 47 км.

Мегаблок КМА объединяет наиболее древние
раннеархейские образования, которые представлены
собственно обоянским комплексом серогнейсового
типа, двумя его разновидностями – росошанским
(биотитовые, амфибол-биотитовые и гранат- биотито-

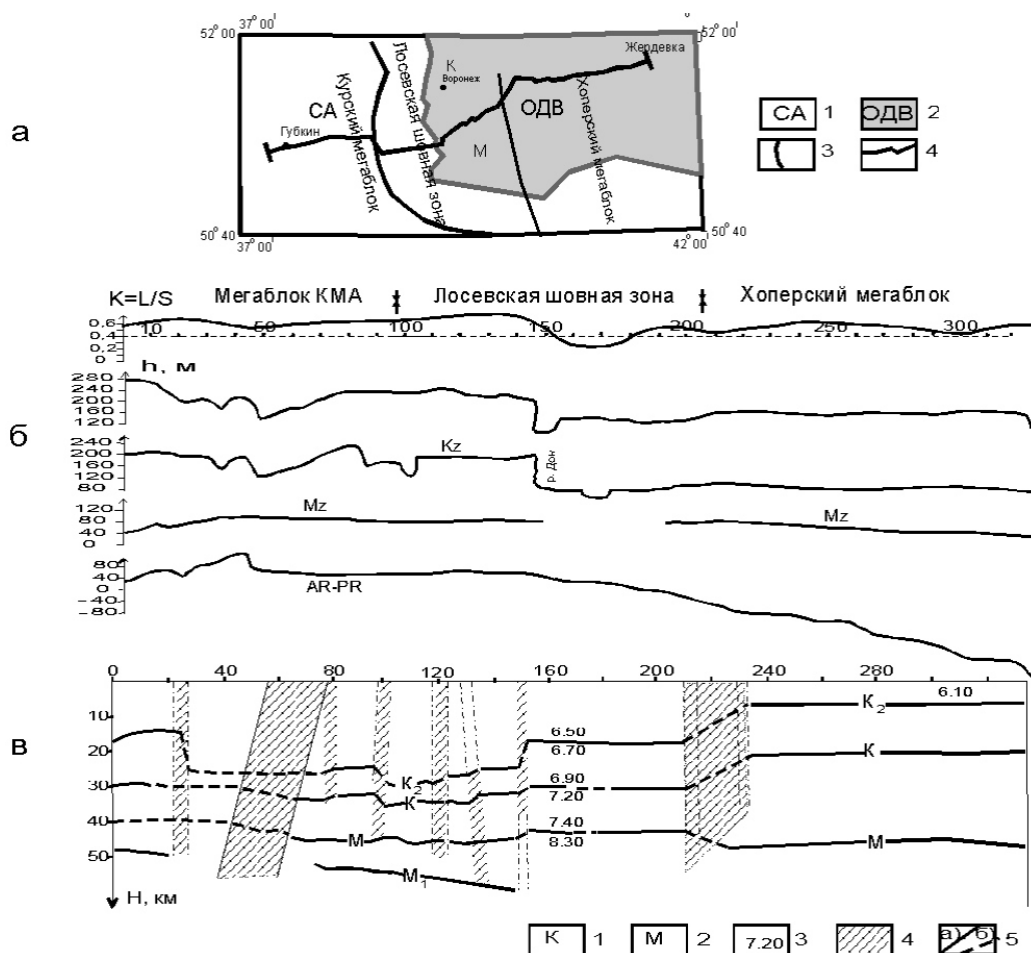


Рис. 1. Соотношение основных горизонтов осадочного чехла, кристаллического фундамента и сейсмических границ вдоль профиля Губкин-Жердевка. Условные обозначения: а) схема расположения профиля: 1 – Среднерусская антеклиза, 2 – Окско-Донская впадина, 3 – граница между мегаблоками кристаллического фундамента, 4 – положение сейсмического профиля; б) основные горизонты осадочного чехла; в) разрез кристаллической коры по сейсмическим данным (по материалам Дубянского А.И. [4]): 1 – 2 – основные сейсмические границы в кристаллической коре, 3 – значения скоростей продольных волн в км/с, 4 – зоны глубинных разломов, 5 – сейсмические границы: а – установленные, б – предполагаемые.

вые гнейсы) и брянским (гнейсы, кальцифиры гранулитовой фации метаморфизма). Кроме того, здесь распространены образования позднего архея михайловской серии, а также раннепротерозойские линейные структуры.

Хоперский мегаблок сложен в основном породами воронцовской серии, нижнего протерозоя, представленной метапесчаниками, чередующимися со сланцами в ассоциации с многочисленными интрузивными образованиями основного и ультраосновного состава. В генетическом отношении породы воронцовской серии представляют реликты аккреционной призм [6].

Лосевская шовная зона – важнейший тектонический элемент докембрия Воронежского кристаллического массива. Она относится к раннему протерозою и имеет коллизийное происхождение. Главным заполнителем шовной зоны является лосевская серия в ассоциации с усманским интрузивным комплексом плагиогранитов, а также донской тип обоянской серии в ассоциации с павловским гранитоидным

комплексом.

На исследуемой территории (вдоль сейсмического профиля Губкин-Жердевка) фундамент перекрывается породами девонского возраста. Девонские отложения представлены морскими, лагунными и континентальными фациями. В пределах Хоперского мегаблока в разрезе франского яруса появляются породы вулканогенной (трапповой) формации, представленной покровами базальтов [7].

Отложения мелового возраста представлены обоими отделами и в литологическом отношении делятся на две части: нижнюю – терригенную и верхнюю – преимущественно карбонатную. В пределах Хоперского мегаблока разрез мела за счет неогенового размыва сильно сокращен по мощности и представлен только нижним отделом [7].

В составе кайнозойского комплекса выделяются палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения. В Хоперском мегаблоке палеогена нет, и кайнозой представлен неогеновым аллювием и четвертичными образованиями различного генезиса.

В пределах Лосевской шовной зоны и мегаблока КМА кайнозойские отложения образованы палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными образованиями, суммарная мощность которых существенно меньше, чем мощность кайнозоя в пределах Хоперского мегаблока.

Новейшая тектоническая структура, тесно связанная с рельефом, вдоль сейсмического профиля представлена Среднерусским поднятием (антеклизой) и Окско-Донской депрессией (впадиной) [8]. Эти структурные подразделения сопоставляются с мегаблоками фундамента. Среднерусское поднятие объединяет мегаблок КМА и значительную часть Лосевской шовной зоны. Окско-Донская депрессия в общих чертах соответствует Хоперскому мегаблоку [9].

Для корреляционного анализа выбраны следующие параметры литосферы: степень изрезанности современного рельефа, абсолютные отметки: современной поверхности Земли, подошвы кайнозойских

отложений, подошвы мезозоя, поверхности фундамента, глубины залегания «гранито-гнейсового» слоя (K_2), «диоритового» слоя (К), поверхности Мохоровичича (М), переходного слоя (M_1). Кроме того, анализировалась степень корреляционной связи мощности осадочного чехла и глубин залегания основных границ в кристаллической коре, мощности палеозойских отложений, а также степени изрезанности современного рельефа. Анализ корреляционных связей указанных выше параметров выполнен в пределах как основных структур ВКМ, так и вдоль всего профиля.

В таблице 1 приведены коэффициенты корреляции мощности осадочного чехла и глубин залегания основных границ земной коры для основных структур рассматриваемой территории.

Кроме того, анализ выполнен для неотектонических структур на линии профиля (Среднерусского поднятия и Окско-Донской депрессии).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции мощности осадочного чехла и глубин залегания основных границ раздела земной коры

Название блоков/структуры	Рельеф, Н, м абс. отм.	Подошва отложений Н, м		Фундам. Н, м абс. отм.	Н, км K_2	Н, км К	Н, км М	Н, км M_1	К изрезанности
		кайнозоя	мезозоя						
Курский мегаблок	0,9	0,6	- 0,9	- 0,7	- 0,9	0,1	0,1	-0,4	0,6
Лосевская шовная зона	0,8	0,6		- 0,3	0,6	0,7	0,7		0,2
Хоперский мегаблок	- 0,2	-0,4	- 0,9	- 0,97	- 0,5	-0,5	-0,4		- 0,5
Среднерусская антеклиза	0,9	0,8	- 0,9	- 0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,6
Окско-Донская впадина	0,5	0,4	- 0,9	- 0,99	- 0,9	-0,9	0,8		0,6
По профилю	0,2	- 0,2	- 0,9	- 0,9	- 0,8	-0,9	0,7	0,1	0,1

Связь между мощностью осадочного слоя и параметрами разреза литосферы характеризуется в основном значимыми коэффициентами корреляции, но носит сложный характер (табл. 1). Положительные коэффициенты корреляции мощности осадочного чехла с абсолютными отметками земной поверхности отмечаются в пределах мегаблока КМА Лосевской шовной зоны (увеличение мощности сопровождается возрастанием абсолютных отметок), что может быть связано с изостатическим фактором: существенно меньшей плотностью пород осадочного чехла по сравнению с породами фундамента. Для Хоперского мегаблока отмечается отсутствие линейной зависимости между мощностью осадочного чехла и абсолютными отметками дневного рельефа.

Обратная связь мощности чехла с отметками фундамента (коэффициенты корреляции от -0,7 до -0,97) отмечена для обоих мегаблоков, что может быть объяснено тем, что современный рельеф фундамента формировался главным образом за счет от-

рицательных вертикальных движений по мере накопления пород чехла. В Лосевской шовной зоне такой корреляции не наблюдается. Это может быть связано с тем, что рельеф фундамента здесь в существенной степени содержит локальные реликтовые формы, возникшие до начала образования чехла, на коллизионной и постколлизионной стадиях развития. Сходные соотношения отмечаются при корреляции мощности осадочного чехла с подошвой мезозоя. Для подошвы кайнозоя такая связь неустойчива. По-видимому, здесь существенное значение имеет весьма не постоянный, как в разрезе, так и по латерали состав кайнозойского чехла.

Обратная линейная связь отмечается для соотношения мощности осадочного чехла с глубиной залегания подошвы «гранито-гнейсового» слоя коры в пределах мегаблока КМА – чем больше мощность осадочного чехла, тем ближе к поверхности граница K_2 .

В Лосевской шовной зоне коэффициент корреляции положительный – чем больше мощность осадоч-

ного чехла, тем глубже K_2 . Такие же соотношения характерны для подошвы «диоритового» слоя и для границы Мохо.

Коэффициенты корреляции мощности палеозойских отложений и глубины залегания основных границ раздела земной коры имеют близкие значения (табл. 2). Это, возможно, связано с тем, что палеозойские образования составляют основную по мощности часть разреза чехла.

Корреляция с объектами неотектоники (Среднерусским поднятием и Окско-Донской депрессией) осложняется тем, что эти структурные элементы обладают гетерогенным фундаментом. Среднерусское поднятие, располагаясь в основном в пределах мегаблока КМА, охватывает также часть Хоперского мегаблока (в контурах Калачской возвышенности). Кроме того, его восточная часть расположена в пределах Лосевской шовной зоны. Тем не менее, достаточно высокие значения коэффициента корреляции указывают на наличие линейной связи мощности чехла с изрезанностью земной поверхности, рельефом, с подошвой мезозоя и отметками фундамента, а также с

глубинами залегания основных разделов кристаллической коры.

Для анализа изрезанности современного рельефа, как фактора геодинамической активности изучаемой территории, был использован коэффициент изрезанности, отражающий суммарную длину эрозионных долин, отнесенную к единице площади [10]. Сопоставление характера изрезанности современного рельефа и глубин залегания основных границ литосферы по профилю Губкин-Жердевка позволяет сделать вывод об отсутствии линейной связи между коэффициентами изрезанности рельефа и абсолютными отметками современной поверхности земли в пределах, как отдельных структурных подразделений, так и по всему профилю в целом (табл. 3). Подобные соотношения наблюдаются и для основных стратиграфических подразделений осадочного чехла (подошвы кайнозоя и мезозоя, гипсометрического положения поверхности фундамента). Исключение составляет лишь соотношение изрезанности и подошвы кайнозоя в пределах Лосевской шовной зоны, где коэффициент корреляции имеет положительное значение и достигает 0,8.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции мощности палеозойских отложений и глубин залегания основных границ раздела земной коры

Название блоков/структуры	Рельеф, Н, м абс. отм.	Подошва отложений Н, м		Фундамент Н, м абс. отм.	Н, км K_2	Н, км К	Н, км М	Мощность осадочного чехла, м	К изрезанности
		кайнозоя	мезозоя						
Курский мегаблок	-0,2	-0,5	-0,2	-0,8		0,7	0,7	0,3	0,4
Лосевская шовная зона	-0,3	-0,3		-0,9	-0,4	-0,3	-0,4	0,3	-0,2
Хоперский мегаблок	-0,4	-0,5	-0,9	-0,99	-0,5	-0,5	-0,3	0,97	-0,5
Среднерусская антеклиз	-0,4	-0,5	-0,2	-0,9	-0,2	0,4	0,6	0	0,1
Окско-Донская впадина	0,4	0,4	-0,9	-0,99	-0,9	-0,9	0,8	0,99	0,6
По профилю	-0,2	-0,5	-0,9	-0,99	-0,9	-0,9	0,7	0,93	0

Таблица 3

Коэффициенты корреляции коэффициента изрезанности земной поверхности и глубин залегания основных границ раздела земной коры

Название блоков/структуры	Рельеф, Н, м абс. отм.	Подошва отложений Н, м		Фундамент Н, м абс. отм.	Н, км K_2	Н, км К	Н, км М	Н, км M_1	Мощность осадочного чехла, м
		кайнозоя	мезозоя						
Курский мегаблок	0,5	0,1	-0,3	-0,5	-0,2	0,5	0,5		0,6
Лосевская шовная зона	0,5	0,8		0,4	0,7	0,6	0,5		0,2
Хоперский мегаблок	-0,3	-0,4	0,3	0,5	-0,2	-0,1	0,5		-0,5
Среднерусская антеклиз	0,4	0,4	-0,3	-0,4	0,2	0,7	0,8	0,8	0,6
Окско-Донская впадина	0,3	0,5	0,1	-0,5	-0,7	-0,7	0,6		0,5
По профилю	0,5	0,6	0,5	0,1	0,2	0	0,2	0,8	0,1

Вместе с тем, значимой положительной линейной связью характеризуется степень изрезанности современного рельефа и гипсометрического положения подошвы «гранито-гнейсового» и «диоритового» слоев коры в пределах Лосевской шовной зоны. Это позволяет сделать вывод о том, что причина повышенной изрезанности земной поверхности, возможно, связана с процессами, протекающими на уровне коры и литосферы в целом, в контурах геодинамически неустойчивых областей, сходных с Лосевской шовной зоной. Полученные результаты являются первым шагом в изучении степени отражения глубинных неоднородностей в геоморфологических факторах в пределах Воронежской антеклизы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щукин, Ю. К. Проблемы живой тектоники и практические решения / Ю. К. Щукин, В. И. Макаров // Строение, геодинамика и минерагенические процессы в литосфере: мат-лы XI Международной конференции. – Сыктывкар. – 2005. – С. 410–412.
2. Юдахин, Ф. Н. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы / Ф. Н. Юдахин, Ю. К. Щукин, В. И. Макаров. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2003. – 300 с.
3. Надежка, Л. И. Некоторые особенности глубинного строения Воронежского кристаллического массива / Л. И. Надежка, А. И. Дубянский, А. П. Тарков, Н. С. Афанасьев // Литосфера Центральной и Восточной Европы. Вос-

точно-Европейская платформа. – Киев: Наукова думка. – 1989. – С. 121–125.

4. Литосфера Воронежского кристаллического массива по геофизическим и петрофизическим данным / Главный редактор член-корр. РАН Н. М. Чернышов. – Воронеж: «Научная книга». – 2012. – 330 с.
5. Ежова, И. Т. Морфоструктура и новейшая геодинамика Среднерусского поднятия и Окско-Донской депрессии / И. Т. Ежова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. — Воронеж. – 2015. – Вып. 2. – С. 89–93.
6. Чернышов, Н. М. Модель геодинамического развития Воронежского массива в раннем докембрии / Н. М. Чернышов, В. М. Ненахов, И. П. Лебедев [и др.] // Геотектоника. – 1997. – № 3. – С. 21–30.
7. Савко, А. Д. Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А. Д. Савко, С. В. Мануковский, А. И. Мизин [и др.] // Труды НИИ геологии ВГУ. – Вып. 3. – 2001. – 205 с.
8. Раскатов, Г. И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы / Г. И. Раскатов. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 1969. – 164 с.
9. Трегуб, А. И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб // Труды НИИ геологии ВГУ. – Вып. 9. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 2002. – 220 с.
10. Ежова, И. Т. Степень изрезанности рельефа земной поверхности ВКМ и ее соотношение с новейшей структурой и сейсмичностью / И. Т. Ежова, Л. И. Надежка, А. И. Трегуб // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы: мат-лы XVI международной конференции. Т. 1. – Воронеж. – 2010. – С. 255–258.

Воронежский государственный университет

Ежова Ирина Трофимовна, ведущий инженер лаборатории глубинного строения, геодинамики и сейсмического мониторинга им. проф. А. П. Таркова
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: 8 0951-850-61-58

Надежка Людмила Ивановна, заведующая лабораторией глубинного строения, геодинамики и сейсмического мониторинга им. проф. А. П. Таркова
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: 8(473) 255-78-44

«Единая геофизическая служба Российской академии наук», Обнинск

Ежова Ирина Трофимовна, инженер-геофизик лаборатории Сейсмического мониторинга Воронежского кристаллического массива ФИЦ ЕГС РАН
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: 8(473) 255-78-44

Надежка Людмила Ивановна, заведующая лабораторией Сейсмического мониторинга Воронежского кристаллического массива ФИЦ ЕГС РАН
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru; Тел.: 8(473) 255-78-44

Voronezh State University

Ezhova I. T., Senior Researcher of a Tarkov Laboratory of deep structure, geodynamik and seismic monitoring
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru
Tel.: 8 0951-850-61-58

Nadezhka L. I., head of the laboratory of a Tarkov Laboratory of deep structure, geodynamik and seismic monitoring
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru
Tel.: 8(473) 255-78-44

Federal research center "Uniform Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences"

Ezhova I. T., geophysicist Laboratory of the seismic monitoring Voronezh Crystalline Massif FITS EGS RAS
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru
Tel.: 8(473) 255-78-44

Nadezhka L. I., Manager of the Laboratory of the seismic monitoring Voronezh Crystalline Massif FITS EGS RAS
E-mail: nadezhka@geophys.vsu.ru
Tel.: 8(473) 255-78-44