

2
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

On-line версия журнала на сайте

<http://www.elmag.uran.ru>

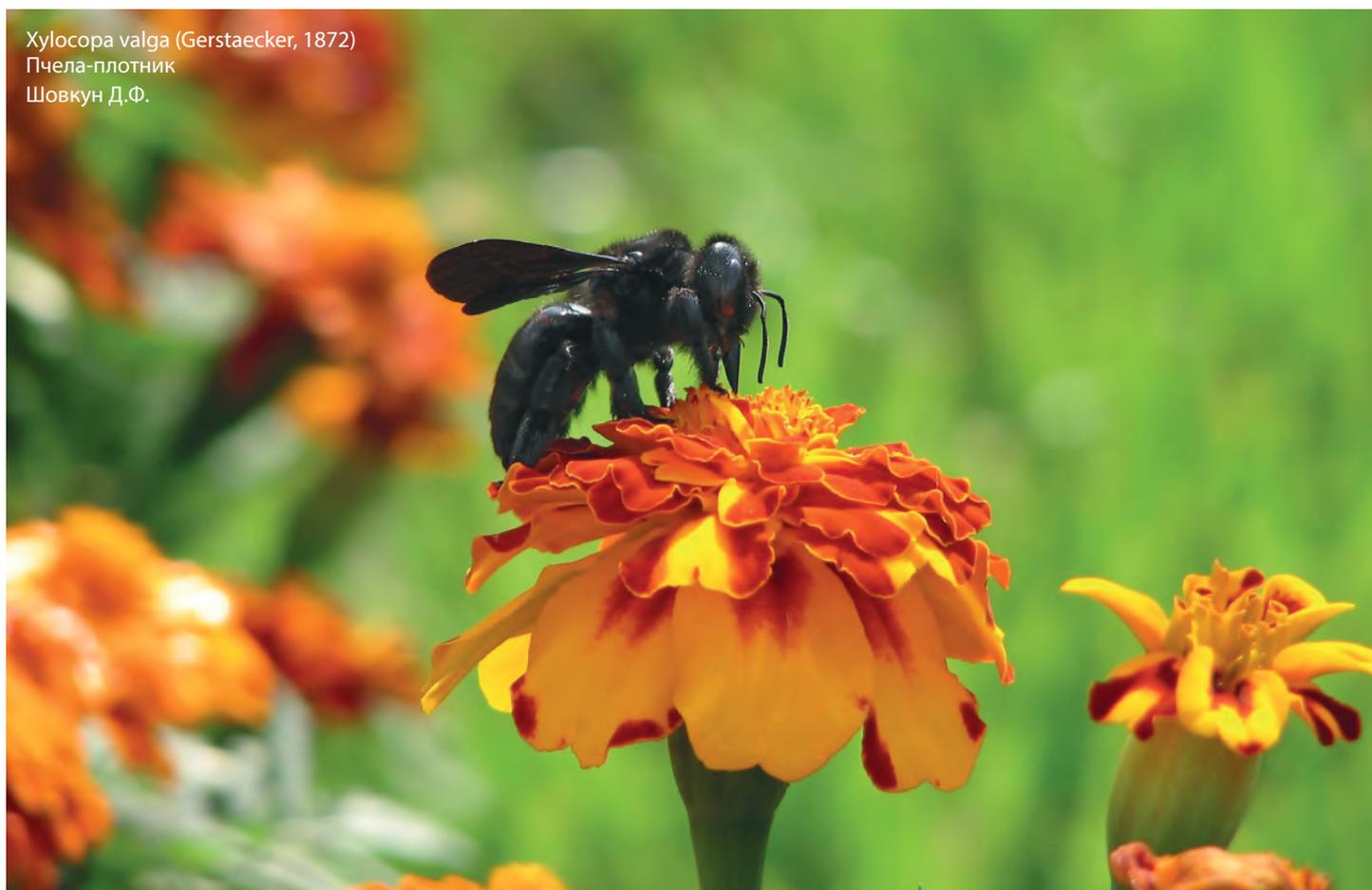
БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

Xylocopa valga (Gerstaecker, 1872)

Пчела-плотник

Шовкун Д.Ф.



2019

УЧРЕДИТЕЛЬ

ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Коллектив авторов, 2019

УДК 550.382

Ш.К. Исламова, С.Э. Казымова, С.С. Исмаилова

СЕЙСМОТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ МИНГЯЧЕВИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Республиканский Центр Сейсмологической Службы при Национальной Академии Наук
Азербайджана, Баку, Азербайджан

Применение сейсмотомографических алгоритмов и времен пробега продольных и поперечных волн землетрясений произошедших на территории Мингячевирского водохранилища, расчет трехмерных скоростных моделей для территории актуальны при проведении сейсмологических исследований. Новая информация, полученная на основе анализа рассчитанных вновь скоростных моделей совместно с геолого-тектоническими картами, в значительной степени дополняет существующие представления об особенностях геологического строения и динамических процессах, происходящих в этом регионе. Учитывая выше сказанное, по данным времен пробега сейсмических волн за 2003-2018 гг. были построены и проанализированы одномерные и трехмерные скоростные модели земной коры.

Ключевые слова: сейсмотомография, Мингячевирское водохранилище, наведенная сейсмичность, землетрясения, одномерные и трехмерные скоростные модели.

Sh.K. Islamova, S.E. Kazimova, S.S. Ismailova

SEISMOTOMOGRAPHIC RESEARCH IN THE AREA OF MINGYACHEVIR RESER- VOIR

Republican Seismology Server Center of Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS),
Baku, Azerbaijan

The use of seismic tomographic algorithms and the travel times of longitudinal and transverse waves of earthquakes that occurred on the territory of the Mingachevir reservoir, the calculation of three-dimensional velocity models for the territory are relevant when conducting seismological studies. The new information obtained on the basis of the analysis of the newly calculated velocity models together with geological-tectonic maps greatly complements the existing ideas about the features of the geological structure and dynamic processes occurring in this region. Considering the above, according to the seismic travel time, for the years 2003-2018. One-dimensional and three-dimensional velocity models of the Earth's crust were constructed and analyzed.

Key words: seismic tomography, Mingachevir reservoir, induced seismicity, earthquakes, one-dimensional and three-dimensional velocity models.

Введение

Применяемые в настоящее время геологоразведочные и геофизические методы не обеспечивают достоверного и объемного представления о геологическом строении земной коры. Повышение эффективности геологических

исследований и разработки месторождений полезных ископаемых в значительной мере связано с применением комплекса новых сейсмотомографических методов совместно с данными бурения скважин, обеспечивающих более полное, детальное и достоверное изучение геологической среды, процессов и явлений в верхних частях земной коры и прогнозирование последствий техногенного вмешательства [4-7].

Внедрение в геофизические методы исследования томографии, прежде всего сейсмической, открыло возможности изучения внутренней структуры неоднородностей Земли и более частных внутрикоровых структур. Чем больше объемных и поверхностных сейсмических волн пронизывают недра Земли, чем больше сейсмоприемников их регистрируют, тем точнее может быть исследована неоднородность в земной коре, выявляемая изменением скоростей волн, проходящих через нее.

Мингячевирское водохранилище является одним из глубоководных искусственных водоемов на территории Азербайджана. Участок водохранилища представляет собой плоскую корытообразную форму между хребтами Боздаг и Ходжашен [15].

Мингячевирское водохранилище образовано на реке Кура при строительстве плотины Мингячевирской ГЭС у г. Мингячевира. Площадь 605 км², объём 16,3 км³, длина 70 км, наибольшая ширина 18 км, средняя глубина 27 м, наибольшая – 75 м. Заполнялось с 1953 по 1959 гг. Высота над уровнем моря – 83 м. Электрическая мощность Мингячевирской ГЭС 401,6 мегаватт. Длина гидроэлектрической плотины – 1550 м, ширина составляет 16 м, высота – 80 м [14, 15].

Вместимость Мингячевирского водохранилища составляет 16 млрд. 300 млн. куб/м. воды. В данный момент оно заполнено на 15 млрд. 600 тыс. куб/м. То есть уровень воды в водохранилище составляет 81 метр, тогда как оно может быть заполнено до 85 метров, а при необходимости есть условия для того, чтобы поднять уровень воды до 87 метров. Уровень воды меняется при высоком темпе притока воды с рек. В летне-осенние и зимние периоды площадь водохранилища сокращается до 43 тыс. га. Отметим, что в 1959, 1968, 1975, 1981 гг. были отмечены максимальные уровни воды в водохранилище [14].

В последние годы данный регион характеризуется активной сейсмической деятельностью, при которой происходит разгрузка накопленных в кол-

лизионной зоне напряжений, что может быть связано с эффектом наведенной сейсмичности. Для получения дополнительной информации о строении данной сейсмогенной зоны необходимо выполнение локальных сейсмотомографических исследований. Собранные для томографии данные о параметрах землетрясений, проанализированные совместно с механизмами очагов сильных землетрясений и результатами структурного анализа, дают нам уникальную возможность лучше понять современные геодинамические процессы в пределах исследуемого региона.

Постановка задачи

Скоростные модели являются важным сейсмологическим инструментом, позволяющим освещать особенности глубинных недр Земли, недоступных для геологических методов. Основным преимуществом сейсмологических методов является большая, практически неограниченная глубина исследований. В настоящее время создана сеть сейсмологических станций, которая регистрирует волны, приходящие от всех происходящих на Земле землетрясений [15].

Сейсмическая томография как один из способов изучения глубинного строения Земли позволяет на основе данных времен пробега упругих волн от землетрясений получить независимую информацию о структуре и физических свойствах коры и мантии. Развитие вычислительных систем, использование новой регистрирующей аппаратуры и усовершенствование методик расчета позволяют более эффективно и точно восстанавливать скоростную структуру Земли. Новая информация, полученная на основе анализа рассчитанных вновь скоростных моделей, совместно с геолого-тектоническими картами позволяют прогнозировать и выявлять литологические и тектонические нарушения земной коры [17].

Наиболее важным источником информации о строении Земли являются землетрясения, самые глубокие очаги которых располагаются на уровне примерно 70 км. Все землетрясения порождают сейсмические волны деформации, пронизывающие в различных направлениях земной шар. Очевидно, что чем больше регистрируется землетрясений, тем точнее и полнее информация о недрах нашей планеты. В последние десятилетия количество сейсмических станций на территории Азербайджана многократно увеличилось, а, следовательно, возрос поток информации, обработка которой требует огромных по объему трудоемких вычислений.

Сейсмическая томография базируется на измерении скоростей объемных и поверхностных сейсмических волн, направленных таким образом, чтобы “просветить” интересующее геофизиков непрозрачное тело, например массив горных пород, который исследователь не может непосредственно наблюдать. При этом массив неподвижен, так же как источники и приемники сейсмических волн.

При изучении скоростной структуры земной коры Азербайджана по сейсмологическим данным используются в основном два подхода. Первый состоит в построении модели среды на основе наблюдаемых отклонений времен пробега волн от землетрясений относительно стандартного годографа (1D); второй основан на использовании разности времен пробега от источников до станции для групп близко расположенных событий (3D) [16].

Одномерные скоростные модели территории Азербайджана

В работе использованы сейсмологические данные локальных землетрясений и проанализированы времена прихода P , Pg , Pn , S , Sg и Sn волн, зарегистрированных сетью телеметрических станций РЦСС НАНА за период 2003-2018 гг. с $m \geq 0.1$. Параметры гипоцентров получены из каталогов Республиканского Центра Сейсмологической Службы. С учетом сейсмичности выбрана область исследований с объемом земной коры и верхней мантии до глубины 60 км.

Построение модели, расчет станционных поправок и перелокация событий производится на программе *Velest*. В процессе вычисления скоростной модели используется 4 вводных файла, включающие следующие данные: 1) координаты используемых сейсмических станций; 2) первоначальная одномерная скоростная модель; 3) данные времен пробега сейсмических волн от очага до станции; 4) основной файл, объединяющий все вводные и выводные файлы [12, 13, 16].

Основным критерием оптимальности скоростной модели считается близость среднеквадратичной невязки (отклонение времен пробега волн от используемой скоростной модели) для всех лучей к нулю. Исследуемый объем до глубины 60 км разбит на мелкие слои толщиной 1 км в интервале глубин 0-10 км и толщиной 2-5 км в интервале глубин 10-60 км. Всего было отобрано 518 событий. Для освещения среды на разных глубинах построены карты эпицентров исследуемых землетрясений в интервалах глубин 0-10 км, 11-20 км, 21-40 км, 41-65 км (рис. 1).

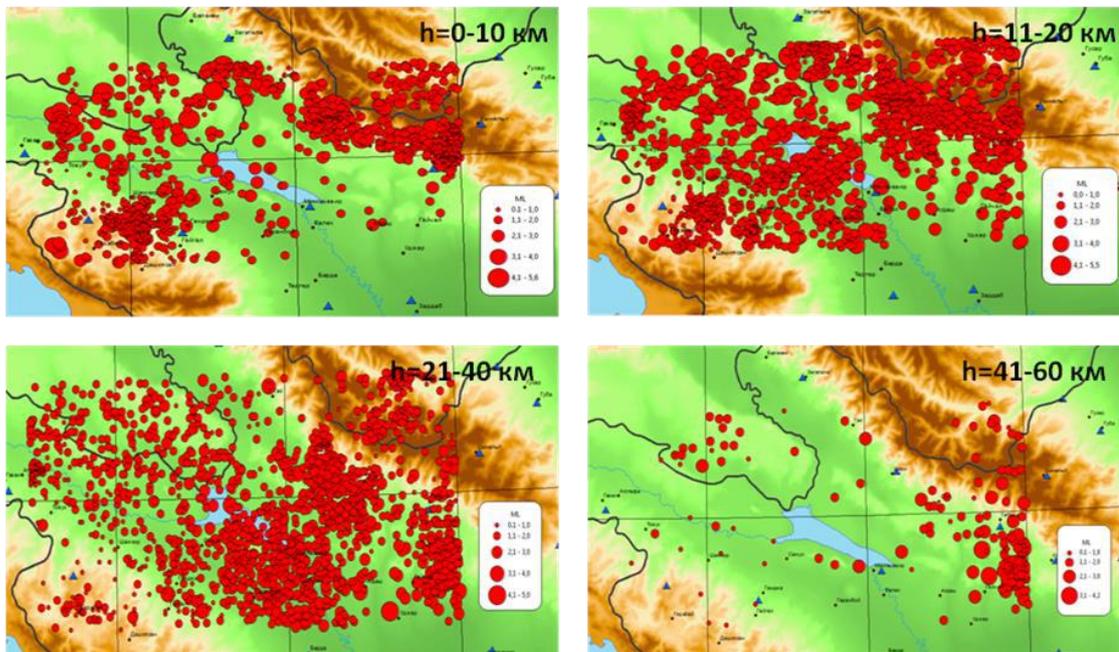


Рис. 1. Карты эпицентров землетрясений за период 2003-2018 г.г. в интервалах глубин 0-10км, 11-20 км, 21-40 км, 41-60 км.

Объем среды был разбит на разные слои в зависимости от геологического строения исследуемой зоны. Отношение V_p/V_s нами было принято равным 1.73.

В восстановлении скоростной модели земной коры был использован метод высокоточной томографии, реализованный в пакете программ VELEST [15]. VELEST обладает рядом преимуществ, в частности позволяет решать совместную задачу для модели и гипоцентров, использовать стационарные задержки, совместно рассчитывать модели по P и S волнам, а также в процессе счета оценивать «вклад» каждой волновой фазы от каждого события в общую ошибку решения. Более подробное описание программы представлено нами ранее [20, 25]. Расчет одномерной начальной скоростной модели начинается с текущей одномерной модели. Программа изменяет ее так, чтобы она наилучшим образом соответствовала наблюдаемым временам пробега. По существу, эта операция является одномерной итеративной нелинейной инверсией.

Время пробега сейсмической волны определяется функционалом Ферма, в котором интегрирование выполняется вдоль экстремали (луча):

$$T = \int_L \frac{dl}{v(r)} \quad (1)$$

(r) – скорость сейсмической волны в точке r , L траектория сейсмиче-

ского луча, также зависящая от скорости сейсмических волн в среде, координат источника.

Основная задача заключается в определении скорости (v), координат землетрясений и времени в источнике по множеству измерений времен пробега T на поверхности для различных лучей [3, 13].

При построении скоростной модели земной коры и верхней мантии по сейсмологическим данным использовались в основном два подхода. Первый состоит в уточнении модели среды на основании наблюдаемых отклонений времен пробега волн от землетрясений относительно стандартного годографа; второй основан на использовании разности времен пробега от источников до станции для групп близко расположенных событий [14]. Одномерные скоростные модели P и S волн были построены на основе одномерных моделей, предложенных в работе А.Г. Гасанова [1]

После многократного решения были получены одномерные модели для P и S -волн, показанные на рисунке 2. Для анализа того, насколько изменилась скоростная модель по сравнению с первоначальной, на графике пунктирной черной линией показана скоростная модель, используемая в настоящее время при расчетах гипоцентров землетрясений.

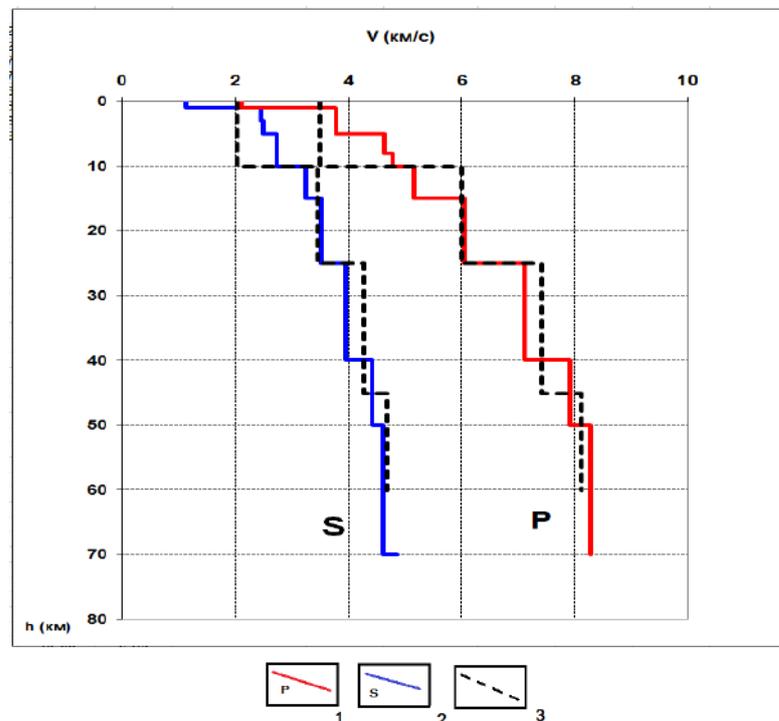


Рис. 2. Одномерные скоростные модели земной коры Среднекуринской впадины пересчитанные на программе “Velest”.

Условные обозначения: 1, 2 – скоростные модели продольной и поперечной волн по данным землетрясений; 3 – одномерная скоростная модель по гео-

физическим данным.

Кроме того, нами проанализированы изменения значений среднеквадратичной невязки до и после обработки на программе «VELEST» (рис. 3). Как видно из диаграммы, общее количество значений невязок колеблется в пределах от 0 до 4. Максимальные значения невязок отмечены в интервалах 0-1 и 1-2. Общее же количество значений невязок до обработки в интервале 0-1 составило 287, а после обработки на программе «VELEST» - 329.

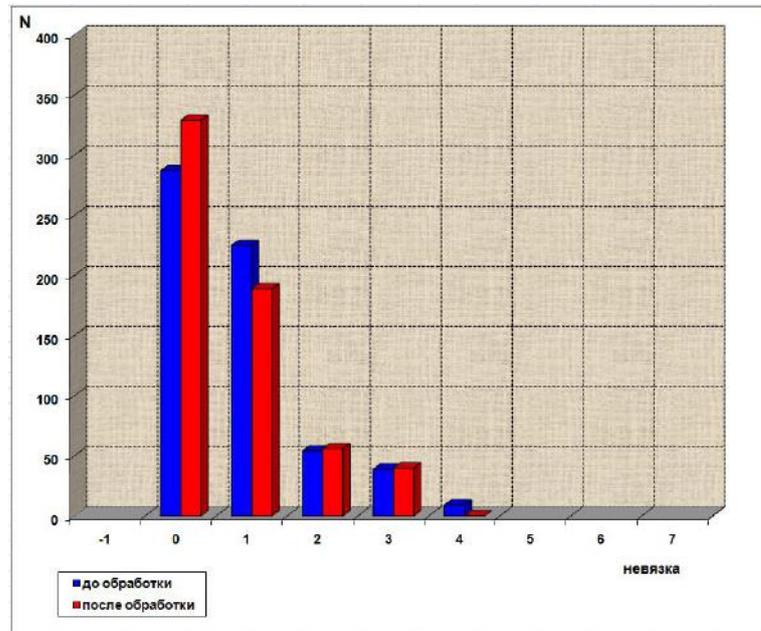


Рис. 3. Диаграмма распределения среднеквадратичной невязки до и после обработки на программе «VELEST».

Преимуществом данной программы является одновременное с изменением модели переопределение гипоцентров землетрясений, которое выполняется на каждой итерации, что позволяет комплексно подходить к проблеме построения новой модели.

Трехмерные скоростные модели территории Азербайджана

Сейсмотомографическое исследование проводилось в три этапа. На первом этапе анализируется исходный набор данных. На втором этапе проводится расчет оптимальной одномерной скоростной слоистой модели, проверена устойчивость полученной модели. Одновременно с подбором оптимальной одномерной модели проводилось переопределение параметров гипоцентров и времени в источнике в данной одномерной модели и вычисление временных стационарных поправок. Третий этап работы включает в себя проверку разрешающей способности имеющегося набора данных, построение трехмерной скоростной модели. Расчет траекторий сейсмических лучей про-

водится методом конечных разностей. Весовой коэффициент для каждого луча зависит от эпицентрального расстояния между источником и приемником и величины невязки.

На основе полученных данных методом интерполяции строится сетка через каждые километр и в каждой точке определяется литологический состав и значение глубины залегания основных границ земной коры. Научная ценность работы заключается в том, что в Азербайджане не были проведены подобные построения структурных карт распределения скоростей с использованием сейсмологических данных и современных компьютерных программных средств, позволяющих получать более детальную и точную картину геологического строения слагающих земную кору пород.

Таким образом, были построены горизонтальные срезы скоростных моделей на разных глубинах (рис. 4).

Как видно из рисунка, на глубине 3 км область Шекинского района вытянута в общекавказском направлении и характеризуется значениями скоростей продольных волн 4,0-4,5 км/с. Территория Среднекуринской депрессии в основном характеризуется значениями скоростей продольных волн 2,8-3,1 км/с с минимальными значениями скоростей в северо-западной части Евлах-Агджабединского прогиба и южной области Прималокавказской зоны Среднекуринской впадины. На карте глубинных разломов эти зоны разделены Гянджачайским и Тер-Тер-Огузскими разломами.

На глубине 5 км весь исследуемый регион, в основном, характеризуется значениями скоростей продольных волн 3,8-3,9 км/с. Как видно из рисунка, на общем фоне выделяются те же зоны, что и на глубине 3 км.

На глубине 10 км значения скоростей резко меняются. В основном территория Среднекуринской впадины характеризуется значениями скоростей продольных волн 5,9-6,1 км/с. В Гянджинском районе выделяется небольшая область со значением скоростей 6,1 км/с. На глубине 10 км выделяется зона Шекинского района вытянутая перпендикулярно общекавказскому направлению и характеризующаяся значениями скоростей продольных волн 6,1-6,2 км/с.

На глубине 15 км распределение скоростей имеет мозаичный характер: четко выделяется южная граница Чатма-Аджиноурской зоны в центральной части которой отмечена область со значением скоростей продольных волн 6,0 км/с. Такая область выделена в западной части Евлах-Агджабединского прогиба и восточной части Прималокавказской зоны Среднекуринской впадины.

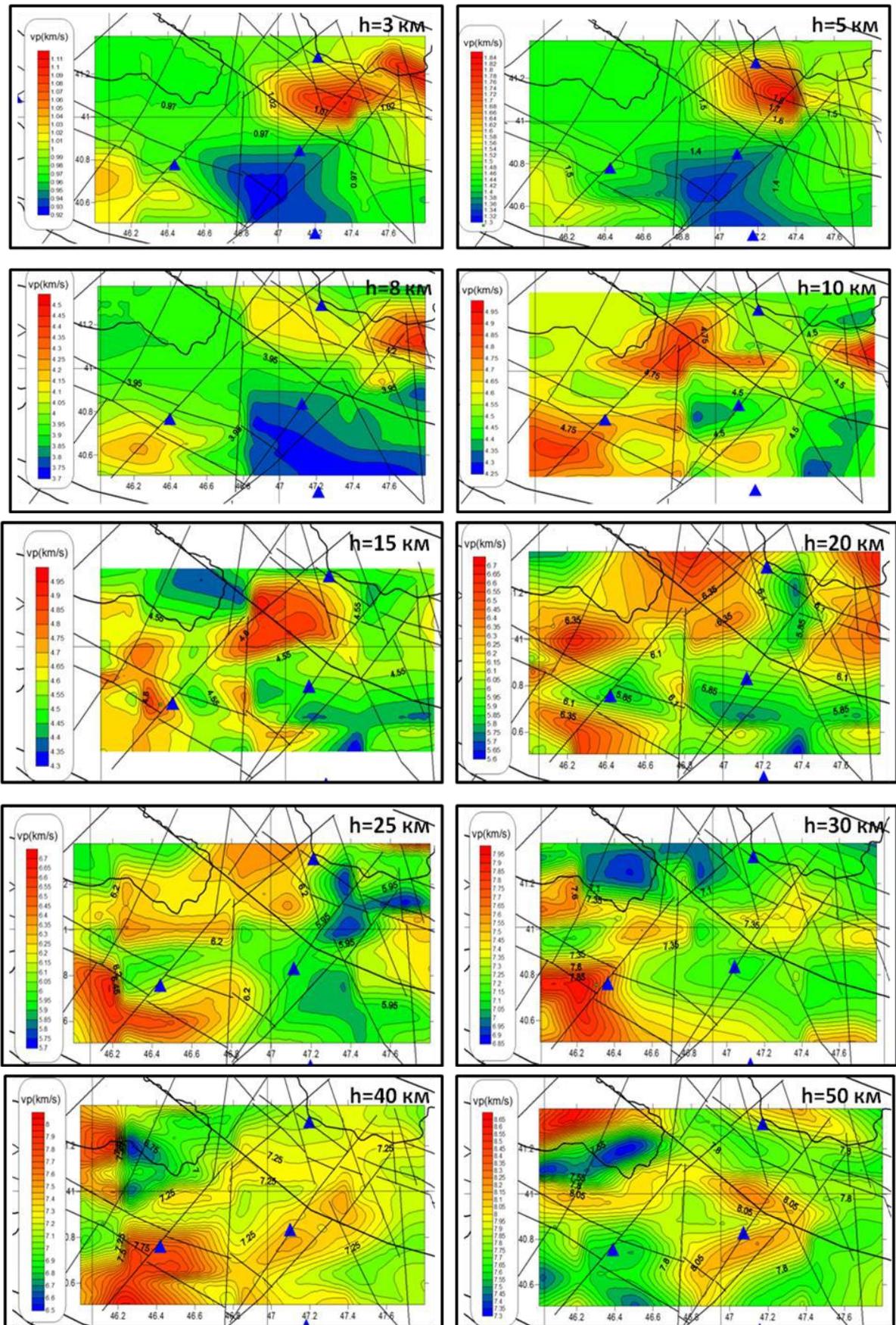


Рис. 4. Горизонтальные сечения распределения скоростей на разных глубинах. Разломная тектоника по [2].

На глубине 20 км область Чатма-Аджиноурской зоны, а также часть Вандамской и Закатало-Ковдагской зоны Большого Кавказа характеризуются значениями скоростей 7,0-7,1 км/с. Минимальные значения скоростей продольных волн (6,9-7,0 км/с) отмечены в зоне Евлах-Агджабединского прогиба, и Прималокавказской зоне Среднекуринской впадины. На глубине 25 км в Лок-Карабахской, Евлах-Агджабединской и на северо-западе Муганской зон отмечены небольшие области значений скоростей в интервале продольных волн 7,4-7,45 км/с.

На глубине 40 км восточная и северная части Среднекуринской впадины характеризуются значениями скоростей продольных волн 7,3-7,6 км/с, а юго-западная часть значениями скоростей 7,65-7,75 км/с. Однако, на глубине 50 км значения скоростей увеличиваются. Зона Евлах-Агджабединского прогиба, Прималокавказская, Кюрдамир-Саатлинская зоны Среднекуринской впадины характеризуются значениями скоростей продольных волн 7,8-7,9 км/с. В центральной части Среднекуринской впадины отмечается обширная область максимальных значений скоростей достигающих 8,2 км/с.

Заключение

Таким образом исследуемая область покрыта мощной толщей слабодислоцированных плиоценовых и постплиоценовых отложений.

Опираясь на данные о глубинном геологическом строении и данные геофизических исследований региона, на глубине 3 км выявляется четкая граница, обусловленная сменой пород осадочного типа на вулканогенные. Данный интервал относится к породам ниже- и среднеюрского возраста. Они представлены известняками с прослоями глин, мергелей, песчаниками, туфо-песчаниками, аргиллитами и доломитами олигоцен четвертичного возраста. В интервале глубин 7-10 км выявляется кровля доальпийского фундамента. В этом интервале наблюдается понижение скорости в Евлах-Агджабединской и Кюрдамир-Саатлинской зонах Среднекуринской впадины, что косвенно подтверждает трещиноватость пород и наличие зоны разуплотнения. На глубине 15 км также выявляется граница раздела двух сред. Значения скоростей в этом интервале повышаются с 5.9 км/с до 6.4 км/с.

По литературным данным значения скоростей 6.0-6.2 км/с соответствуют гранитам, а 6.5-7.6 характерны базальтам. Важно отметить, что не все скоростные границы раздела в вулканогенной толще определяются сменой вещественного состава пород. Некоторые границы связаны с различным

напряженным состоянием вещества на глубине. В интервале глубин 20-40 км выявляется кровля базальтового слоя земной коры. В интервале глубин 40-50 км – граница Мохо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гасанов А.Г. Глубинное строение и сейсмичность Азербайджана в связи с прогнозом нефтегазоносности, Баку: Элм, 2001 г.: 166-187.
2. Тектоника. Т. VI. Геология Азербайджана / Под ред. В.Е. Хаин, Ак.А. Ализаде. «Nafta-Press», 2005. 512 с.
3. Усольцева О.А. Трехмерные скоростные модели земной коры Тянь-Шаня на основе Би сплайн параметризации и триангуляции Делоне. Дисс. ...канд. физ.-мат.н. М., 2004. 240 с.
4. Kazimova S.E. The studying of the velocity model of Middle Kura depression by body waves. Scientific conference of the post graduate of National Academy of Sciences of Azerbaijan, 2006: 385-389.
5. Kazimova S.E. Construction of an optimal one-dimensional velocity model and specification of parameters of the sources of seismic events of the Middle Kura depression. Catalogue of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2009. Baku, 2010: 104-114.
6. Kazimova S.E., Usolceva O.A., Kazimov I.E., Seismic study of the crust southeast of the Caucasus using Delaunay triangulation by the travel times of P-waves. Collection of Scientific Papers " Dynamic processes in geospheres". М., 2010: 140-147.
7. Kazimova S.E., Construction of one-dimensional velocity model of the Middle Kura Depression of Azerbaijan by the body waves. Proceedings of Young Scientists, Vladicaucasus, 2010: 178-183
8. Kazimova S.E., Kazimov I.E., 1D velocity model from local earthquake data of the Caspian sea, Azerbaijan. Young Researcher (Baku). 2015, № 2.
9. Kissling E., Husen S., Haslinger F. Model parametrization in seismic tomography: a choice of consequence for the solution quality. Phys. Of the Earth and Planet. Int. 2001. 123: 89-101.
10. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E. Minimum 1D velocity model from local earthquake data in the Middle Kura Depression, Azerbaijan. Mater. of Intern. Workshop. Baku, 2010: 66-72.
11. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Specification of the velocity cut of earth crust by body waves. Catalogue of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2006. Baku, 2007: 203-207.
12. Yetirmishli G.J., Kazimova S.E., Kazimov I.E., One-dimensional velocity model of the Middle Kura depression from local earthquakes data of Azerbaijan. İZVESTIYA, PHYSICS OF THE SOLID EARTH (Moscow). 2011. 47 (9): 847-856.
13. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Kazimov I.E., Studying of change of velocities of longitudinal waves with depth by the digital seismological data /Mater. of the III International Seismological Conferens in Kislovodsk. Obninsk, 2008: 54-57.
14. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Islamova Sh. K. Features of seismotectonic stress of the Mingechaur reservoir according to digital seismic stations of Azerbaijan. Geology and Geophysics of the South Russia. 2013. 3: 64-71.
15. Yetirmishli G.J., Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S. Seismic geodynamics of Mingachevir water reservoir. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 4. 11с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-4/Articles/EGD-2018-4.pdf>)
16. Yetirmishli G.J, Kazimova S.E. Modeling of the Earth's Crust of the Greater Caucasus by Seismic Tomography. Innovations in minimization of natural and technological risks. Abstract of the first Eurasian Conferens «RISK-2019». Baku, 2019: 117.
17. Rzayev A.G., Yetirmishli G.J., Kazimova S.E., The reflection of the geodynamic regime of

seismogenic areas in the geomagnetic field variations (for example, the Azeri part of the southern slope and the south-east dipping of the Great Caucasus). PROCEEDINGS. The Sciences of Earth. 2013. 4: 1-13.

Получена 7 июня 2019 г.

(Контактная информация: Казимова Сабина Эльдар гызы – доктор философии в области геолого-минералогических наук, доцент, начальник отдела «Динамические параметры землетрясений» в РЦСС НАНА; адрес: 1001, Азербайджан, г. Баку, ул. Гусейн Джавида, 123; Тел.: 99412539-52-12; E-mail: sabina.k@mail.ru)

LITERATURE

1. Gasanov A.G. Glubinnoe stroenie i sejsmichnost' Azerbajdzhana v svyazi s prognozom neftegazonosnosti, Baku: Elm, 2001 g.: 166-187.
2. Tektonika. T. VI. Geologiya Azerbajdzhana / Pod red. V.E. Hain, Ak.A. Alizade. «Nafta-Press», 2005. 512 s.
3. Usol'ceva O.A. Trekhmernye skorostnye modeli zemnoj kory Tyan'-SHanya na osnove Bi splajn parametrizacii i triangulyacii Delone. Diss. ...kand. fiz.-mat.n. M., 2004. 240 s.
4. Kazimova S.E. The studying of the velocity model of Middle Kura depression by body waves. Scientific conference of the post graduate of National Academy of Sciences of Azerbaijan, 2006: 385-389.
5. Kazimova S.E. Construction of an optimal one-dimensional velocity model and specification of parameters of the sources of seismic events of the Middle Kura depression. Catalogue of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2009. Baku, 2010: 104-114.
6. Kazimova S.E., Usolceva O.A., Kazimov I.E., Seismic study of the crust southeast of the Caucasus using Delaunay triangulation on by the travel times of P-waves. Collection of Scientific Papers " Dynamic processes in geospheres". M., 2010: 140-147.
7. Kazimova S.E., Construction of one-dimensional velocity model of the Middle Kura Depression of Azerbaijan by the body waves. Proceedings of Young Scientists, Vladicaucasus, 2010: 178-183
8. Kazimova S.E., Kazimov I.E., 1D velocity model from local earthquake data of the Caspian sea, Azerbaijan. Young Researcher (Baku). 2015, № 2.
9. Kissling E., Husen S., Haslinger F. Model parametrization in seismic tomography: a choice of consequence for the solution quality. Phys. Of the Earth and Planet. Int. 2001. 123: 89-101.
10. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E. Minimum 1D velocity model from local earthquake data in the Middle Kura Depression, Azerbaijan. Mater. of Intern. Workshop. Baku, 2010: 66-72.
11. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Specification of the velocity cut of earth crust by body waves. Catalogue of seismoforecasting research carried out in Azerbaijan territory in 2006. Baku, 2007: 203-207.
12. Yetirmishli G.J., Kazimova S.E., Kazimov I.E., One-dimensional velocity model of the Middle Kura depression from local earthquakes data of Azerbaijan. IZVESTIYA, PHYSICS OF THE SOLID EARTH (Moscow). 2011. 47 (9): 847-856.
13. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Kazimov I.E., Studying of change of velocities of longitudinal waves with depth by the digital seismological data /Mater. of the III International Seismological Conferens in Kislovodsk. Obninsk, 2008: 54-57.
14. Yetirmishli G.C., Kazimova S.E., Islamova Sh. K. Features of seismotectonic stress of the Mingechaur reservoir according to digital seismic stations of Azerbaijan. Geology and Geophysics of the South Russia. 2013. 3: 64-71.
15. Yetirmishli G.J., Islamova Sh.K., Kazimova S.E., Ismailova S.S. Seismic geodynamics of Mingachevir water reservoir. Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2018.

4. 11с. [Elektr. resurs] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-4/Articles/EGD-2018-4.pdf>)
16. Yetirmishli G.J., Kazimova S.E. Modeling of the Earth's Crust of the Greater Caucasus by Seismic Tomography. Innovations in minimization of natural and technological risks. Abstract of the first Eurasian Conferens «RISK-2019». Baku, 2019: 117.
17. Rzayev A.G., Yetirmishli G.J., Kazimova S.E., The reflection of the geodynamic regime of seismogenic areas in the geomagnetic field variations (for example, the Azeri part of the southern slope and the south-east dipping of the Great Caucasus). PROCEEDINGS. The Sciences of Earth. 2013. 4: 1-13.

Образец ссылки на статью:

Исламова Ш.К., Казымова С.Э., Исмаилова С.С. Сейсмотомографические исследования в районе Мингячевирского водохранилища. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. 2: 12с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-2/Articles/ISK-2019-2.pdf>) DOI: 10.24411/2304-9081-2019-12011.