

УДК 552.08:53

## ГЛИБИННА МОДЕЛЬ ЛІТОСФЕРИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА ЗА ДАНИМИ ГСЗ І ПЕТРОФІЗИКИ ВИСОКИХ ТИСКІВ

В.О. Корчин, П.О. Буртний, О.Є. Карнаухова, С.С. Чулков

*Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, 03680 Київ-142  
E-mail: korchin@igph.kiev.ua*

**Реферат.** Побудовано моделі розподілу мінеральної речовини з глибиною уздовж сейсмічних профілів DSS 10, 12, 13 поблизу станції Академік Вернадський.

**Глубинная модель литосферы центральной части Антарктического полуострова по данным ГСЗ и петрофизики высоких давлений.** В.А. Корчин, П.А. Буртний, Е.Е. Карнаухова, С.С. Чулков

**Реферат.** Построены модели распределения минерального вещества с глубиной вдоль сейсмических профилей DSS 10, 12, 13 вблизи станции Академик Вернадский.

**Deep model of lithosphere of central part of the Antarctic peninsula from DSS data and high pressures petrophysics.** V.A. Korchin, P.A. Burtny, E.E. Karnaukhova, S.S. Chulkov

**Abstract.** Models of mineral matter distributing with a depth along seismic DSS 10, 12, 13 profiles near the station «Academik Vernadsky» are built.

**Key words:** elastic parameters, petrophysics, geomodel.

### 1. Вступ

Вивчалися ефузивні (вулканічні), інтрузивні жильні групи зразків магматичних порід, відібраних поблизу станції Академік Вернадський. За останні сім років колекція постійно поповнювалась новими зразками порід, що дало можливість регулярно доповнювати наявні матеріали досліджень новими вимірюваннями. На підставі цих досліджень було побудовано (в першому наближенні) глибинні петрошвидкісні моделі літосфери окремих ділянок району Антарктичного півострова із залученням необхідних геологічних і геофізичних матеріалів.

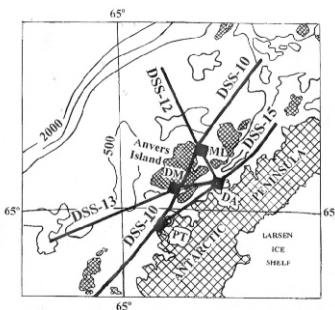


Рис. 1. Схема розташування сейсмічних профілів і місцезнаходження станції Академік Вернадський (Україна).

### 2. Результати досліджень

Результати визначення швидкості пружних повздовжніх хвиль у гірських породах, відібраних уздовж профілів поблизу станції Академік Вернадський (рис. 1) в умовах високого гідростатичного тиску (таблиця 1), разом із даними, отриманими раніше, були використані при петрошвидкісному моделюванні (Буртний і ін., 2003, Корчин і ін., 2004, 2006, 2009).

Таблиця 1

**Пружні константи порід Антарктиди при високому гідростатичному тиску**

Р	V <sub>p</sub>	V <sub>s</sub>	μ	ρ*V <sub>p</sub> <sup>2</sup>	λ	К	σ	Е	β	V <sub>p</sub> /V <sub>s</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
зразок.16-2у ρ=2,83										
0	5,80	3,41	0,33	0,95	0,29	0,51	0,24	0,81	1,95	1,70
300	5,85	3,46	0,34	0,97	0,29	0,52	0,23	0,84	1,93	1,69
800	5,94	3,50	0,35	1,00	0,30	0,54	0,24	0,86	1,86	1,70
1600	6,00	3,54	0,36	1,02	0,30	0,54	0,23	0,87	1,85	1,69
2500	6,06	3,58	0,36	1,04	0,31	0,55	0,23	0,89	1,80	1,69
3500	6,10	3,61	0,37	1,05	0,32	0,56	0,23	0,91	1,88	1,69
5000	6,16	3,63	0,37	1,07	0,33	0,58	0,23	0,92	1,73	1,70
зразок.23 ρ=3,005										
0	6,42	3,66	0,40	1,24	0,43	0,70	0,26	1,01	1,42	1,75
300	6,67	3,85	0,44	1,33	0,44	0,74	0,25	1,11	1,35	1,73
800	6,75	3,9	0,46	1,37	0,45	0,75	0,25	1,15	1,33	1,72
1600	6,84	3,97	0,47	1,41	0,45	0,77	0,24	1,18	1,29	1,72
2500	6,94	4,01	0,48	1,44	0,48	0,80	0,25	1,20	1,25	1,73
3500	6,97	4,06	0,50	1,46	0,47	0,80	0,24	1,23	1,25	1,72
5000	7,04	4,16	0,52	1,49	0,45	0,80	0,23	1,28	1,26	1,69
зразок.А-51 ρ=2,764										
0	5,14	3,06	0,26	0,73	0,21	0,38	0,22	0,63	2,61	1,68
300	5,97	3,63	0,36	0,98	0,25	0,50	0,20	0,88	2,01	1,64
800	6,24	3,7	0,39	1,08	0,30	0,56	0,22	0,94	1,80	1,66
1600	6,34	3,82	0,40	1,11	0,31	0,57	0,22	0,98	1,75	1,66
2500	6,40	3,88	0,41	1,13	0,30	0,58	0,21	1,01	1,73	1,65
3500	6,47	3,94	0,43	1,16	0,30	0,59	0,21	1,03	1,71	1,64
5000	6,59	4,04	0,45	1,20	0,30	0,60	0,20	1,08	1,68	1,63
зразок.39 ρ=2,723										
0	5,04	3,24	0,28	0,69	0,12	0,31	0,14	0,66	3,24	1,55
300	5,56	3,54	0,34	0,84	0,15	0,39	0,15	0,78	2,59	1,57
800	5,86	3,73	0,38	0,93	0,16	0,43	0,16	0,88	2,34	1,57
1600	6,05	3,82	0,40	1,00	0,21	0,47	0,17	0,93	2,13	1,59
2500	6,15	3,86	0,41	1,03	0,22	0,49	0,18	0,95	2,05	1,60
3500	6,21	3,89	0,41	1,05	0,23	0,50	0,18	0,97	2,00	1,60
5000	6,30	3,95	0,42	1,08	0,23	0,52	0,18	1,00	1,94	1,60
зразок.26 ρ=2,915										
0	5,53	3,21	0,30	0,89	0,29	0,49	0,25	0,74	2,04	1,72
300	6,18	3,41	0,34	1,11	0,43	0,66	0,28	0,87	1,53	1,81
800	6,54	3,55	0,36	1,29	0,55	0,79	0,30	0,94	1,26	1,87
1600	6,92	3,62	0,39	1,40	0,63	0,89	0,31	1,00	1,12	1,91
2500	7,05	3,71	0,40	1,45	0,65	0,92	0,31	1,07	1,09	1,90
3500	7,16	3,80	0,42	1,49	0,65	0,93	0,30	1,09	1,08	1,88
5000	7,26	3,86	0,43	1,54	0,67	0,96	0,30	1,13	1,04	1,88
зразок.А-61 ρ=2,79										
0	5,64	3,26	0,29	0,89	0,30	0,49	0,25	0,74	2,03	1,73
300	5,86	3,42	0,33	0,94	0,30	0,52	0,24	0,81	1,91	1,71
800	6,09	3,53	0,35	1,03	0,34	0,57	0,25	0,87	1,75	1,74
1600	6,231	3,62	0,36	1,11	0,38	0,62	0,26	0,92	1,61	1,74
2500	6,39	3,68	0,37	1,14	0,39	0,63	0,25	0,94	1,58	1,74
3500	6,49	3,72	0,39	1,17	0,40	0,66	0,26	0,97	1,52	1,75
5000	6,62	3,80	0,40	1,22	0,42	0,69	0,25	1,01	1,46	1,74
зразок.А-54 ρ=2,778										
0	5,42	3,12	0,27	0,81	0,28	0,45	0,25	0,67	2,19	1,74
300	5,80	3,44	0,33	0,93	0,24	0,50	0,23	0,80	2,01	1,68
800	6,18	3,60	0,36	1,06	0,35	0,58	0,25	0,89	1,72	1,72
1600	6,38	3,69	0,37	1,13	0,38	0,63	0,25	0,94	1,59	1,73
2500	6,43	3,74	0,39	1,15	0,37	0,63	0,25	0,96	1,58	1,72
3500	6,49	3,77	0,39	1,17	0,38	0,64	0,25	0,98	1,56	1,72
5000	6,54	3,83	0,41	1,19	0,38	0,65	0,24	1,01	1,54	1,71

Як видно з матеріалів експериментальних досліджень, в умовах високого всестороннього тиску швидкості пружних повздовжніх хвиль із суттєвим збільшенням їх значень, як і раніше, зберігають виявлену диференціацію різних груп порід за пружними і щільнісними параметрами. Така диференціація була використана при прогнозі розподілу з глибиною досліджуваних комплексів порід у земній корі західного узбережжя Антарктичного півострова. Моделювання розподілу порід з глибиною здійснювалося за методикою, розробленою у відділі сейсмометрії і фізичних властивостей речовини Землі ІГФ НАН України (Корчин і ін., 2009, Лебедев і ін., 1999, Korchin et al., 2008), яка базується на зіставленні даних сейсмометрії і швидкісних параметрів порід для конкретних площ.

Для моделювання були використані матеріали глибинного сейсмічного зондування, проведеного в цьому районі (Gonzalez-Ferrn et al., 1985; Grad et al, 1993; Gutterch et al., 1985, 1998; Janik, 1997; Sroda et al., 1997). Найбільш протяжний профіль ГСЗ (профіль DSS-10, рис. 1, 2), розташований поблизу району станції Академік Вернадський, проходить уздовж узбережжя півострова. На швидкісних розрізах ГСЗ крім осадочного шару різної потужності виділяються три основні горизонти, які характеризуються швидкостями сейсмічних хвиль 6,30–6,45, 6,65–6,85, 7,10–7,15 км/с. Межі між ними розташовані на глибинах близько 10, 20 км. За даними глибинного сейсмічного зондування, потужність земної кори тут складає близько 40 км. Границя «М», зафіксована на цих глибинах, характеризується стрибком швидкості 7,15>8,00 км/с. На профілях DSS-12, DSS-13, розташованих перпендикулярно або під кутом до лінії DSS-10, поблизу узбережжя границя «М» також спостерігається на глибині близько 40 км, поступово підвищуючись у бік океану, де вона піднімається на рівень 20–30 км. У центральній частині профілю DSS-10 спостерігається вище положення границі «М» (глибини близько 35км). У цьому ж районі спостерігається глибше положення границі переходу між першим і другим швидкісними горизонтами (збільшення потужності першого шару). Збільшення потужності першого шару відзначене й на поперечних профілях, причому

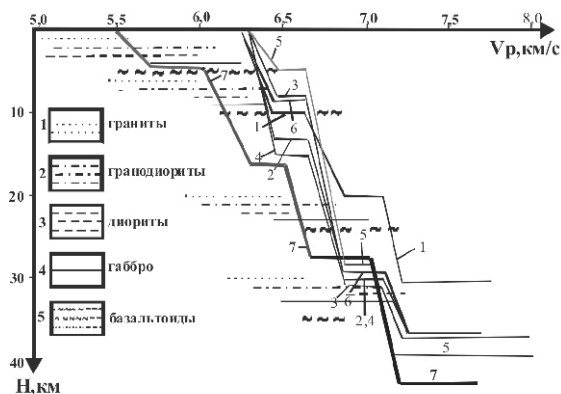


Рис. 2. Співставлення швидкостей ГСЗ і експериментальних даних  $V_p=f(P)$  для різних порід, перерахованих на різні глибини. 1-7 — колонки розподілу сейсмічних швидкостей ГСЗ: 1 – DSS 12 (п. 35), 2 – DSS 12 (п. 127), 3 – DSS 13 (п. 112), 4 – DSS 13 (п. 165), 5 – DSS 13 (п. 200), 6 – DSS 10 (п. 215), 7 – DSS 17 (див. рис. 1). Горизонтальні лінії відповідають значенням експериментальних  $V_p$  відповідних порід.

найбільшої потужності цей шар досягає в районі острова Анверс (рис. 1-3).

На рис. 2 представлені швидкісні колонки окремих ділянок сейсмічних профілів, якими ми скористалися при моделюванні. Номери побудованих колонок і їх координати показані на рис. 3 і відмічені зверху трикутниками від 1 до 6. Крім того, на цьому малюнку горизонтальними лініями показані значення швидкостей  $V_p$  для вивченого комплексу порід від гранітів до базальтоїдів, отримані експериментально в дослідках при високому гідростатичному тиску для відповідних глибин. Оскільки поверхня прилеглих до островів Антарктичного півострова, в районі яких розташовані профілі ГСЗ, повсюдно складена ефузивними і інтрузивними комплексами магматичних порід, цілком правомірно припускати існування в земній

корі магматичних утворень, за швидкісними параметрами (з урахуванням високого тиску) співпадаючих з породами, аналогічними розвиненим на поверхні.

Співставляючи матеріали глибинного сейсмічного зондування, зокрема швидкості сейсмічних хвиль, і експериментальних даних  $V_p$  (рис. 2), можна припустити, що площа в точках перетину профілів DSS 10, 12, 13 на глибинах, що відповідають верхньому сейсмічному горизонтові, сформована в основному діоритовими утвореннями, які поступово переходять ( $H < 30$  км) в габро-діоритовий шар. Можлива наявність на поверхні незначних товщ ( $> 1$  км) гранітоїдов з невеликими прошарками базальтів. Не виключено широке розповсюдження в приповерхневих горизонтах гранодіоритів і діоритів. Якщо врахувати широкий розвиток у цьому районі на поверхні масивів інтрузивних утворень граніт-гранодіоритового складу, то цілком допустиме їх існування на глибинах у межах приповерхневого горизонту. Нижче за перший горизонт швидкісні параметри кори відповідають добре розкристалізованам габро і мінеральним утворенням, подібним за складом базальтоїдам, відібраним на поверхні.

Проте можна припустити і складнішу модель речовинної будови ділянки, що вивчається. Гранітоїди можуть існувати, але на глибинах нижче 3–5 км, тобто вони перекриті могутніми товщами низькошвидкісних габро-діоритів і базальтами, що вилилися (останні широко поширені на поверхні регіону). Граніти, таким чином, поховані під шарами основних порід і можуть розповсюджуватись до глибин 10–12 км. Це можливо на ділянках, де сейсмічна границя з  $V_p = 6,45$  км/с занурена до глибин порядку 15–18 км. Нижче передбачуваних гранітів у цьому випадку будуть розташовані перешаровані горизонти діоритів і габроїдів аж до сейсмічного горизонту  $V_p \approx 6,85$  км/с, нижче за яке знову будуть щільні габроїди і базальтоїди. Розглянутий розподіл мінеральної речовини з глибиною центральної частини узбережжя Антарктичного півострова істотно відрізняється від розподілу порід з глибиною, наприклад, відомих внутрішньоконтинентальних утворень (Лебедев і ін., 1999).

Співставляючи матеріали досліджень, виконаних на акваторіях океанів і на континентах, необхідно відзначити деяку особливість сейсмічної будови району узбережжя Антарктичного півострова. Зазвичай для різновікових геологічних структур потужність земної кори континентів змінюється від 35 до 65 км., океанічної – не більше 20 км (Геофизические..., 1969; Непрочнов и др., 1979, 1984; Новая..., 1974; Соллогуб, 1986; Gonzalez-Fern et al., 1985; Grad et al., 1993; Gutterch et al., 1985, 1998; Janik, 1997; Sroda et al., 1997). Для внутрішньоконтинентальних структур, як правило, виділяються гранітний, діоритовий і базальтовий шари, швидкості сейсмічних хвиль у яких відповідно дорівнюють  $5,8 \div 6,3$ ;  $6,4 \div 6,7$ ;  $6,8 \div 7,2$  км/с. Нормальні океанічні басейни характеризуються менш складною сейсмічною структурою і мають швидкісні характеристики: неконсолідовані осадки  $V_p \approx 2 \div 2,3$  км/с ( $H = 5,5$  км); консолідовані осадки  $V_p \approx 4,5 \div 5,5$  км/с ( $H = 4,5 \approx 7$  км); кристалічні мінеральні утворення  $V_p \approx 6,4 \div 7,1$  ( $H = 6 \div 15$  км.). Район узбережжя Антарктичного півострова за своєю будовою відрізняється як від континентальної, так і від океанічної кори. Тут її потужність змінюється від 25 до 35 км., а швидкісні параметри шарів ( $6,3 \div 6,45$ ;  $6,65 \div 6,85$ ;  $7,1 \div 7,2$  км/с) мають вищі значення, чим відрізняються від утворень континентальної кори. Проте в напрямі від берегової частини до центру Антарктичного півострова характер будови і швидкісні характеристики шарів глибинних утворень дещо змінюються. Потужність кори в районі півострова уздовж профілю, що перетинає Південно-Шетландські острови, затоку Брансфілд і північну частину півострова Трініті (Gutterch et al., 1998) складає 42 км, а горизонти, що виділяються в її розрізі, характеризуються середніми швидкостями сейсмічних хвиль (5,6; 6,2; 6,6; 7,0 км/с) (рис. 2, кр. 7). Такі швидкості ( $V_p$ ) нижче від встановлених для західного узбережжя і добре узгоджуються зі швидкостями структур континентальної кори.

Якщо припустити, що земна кора центральної частини Антарктичного півострова у районі Берега Грехема (територія перетину профілів DSS-10, 12, 13) подібна до північної його частини (півострів Трініті, DSS-17), то прогнозована нами за речовим складом ділянка на

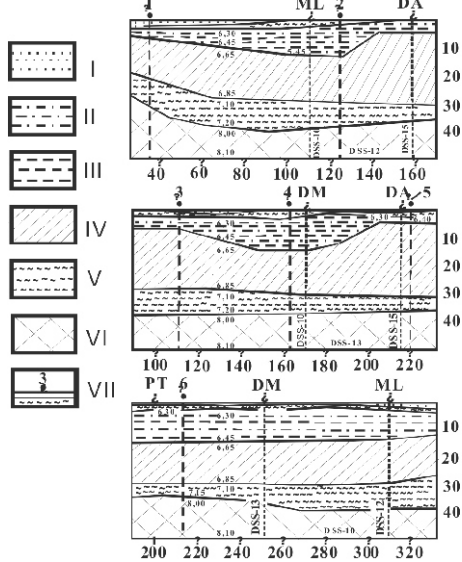


Рис. 3. Сейсмічні розрізи уздовж профілів DSS 12, DSS 13, DSS 10 і можливий розподіл з глибиною порід: I - граніти, II - гранодіорити, III - діорити, IV - габро, V - базальтоїди, VI - мантіїні утворення, VII - сейсмічні колонки, використовувані для моделювання (див. рис. 2).

гранітоїди, і то не повсюди. Нижче йдуть горизонти гранодіоритового, діоритового і габрового складу (габро-діоритового). Нижче за границю зі швидкостями 6,85 км/с ( $H=25\div 30$  км) можлива наявність добре розкриталізованих габро і базальтоїдів.

За швидкісними параметрами і розподілом порід з глибиною кора досліджуваної ділянки може бути віднесена до перехідного типу між океанічною і континентальною. Поблизу району станції Академік Вернадський не можна припустити наявність процесу рифтогенезу, подібного до рифтового грабену протоки Брансфілд, закладеної на корі континентального типу, де в процесі рифтогенезу відбувається поступове перетворення континентальної кори в океанічну.

### Перелік посилань

**Буртний П.А., Карнаухова Е.Е., Корчин В.А., Савенко Б.Я., Шаповал В.И., Шепель С.И.** Физические характеристики магматических пород района антарктической станции «Академик Вернадский» // Укр. Антаркт. журн. — 2003. — № 1 — С. 47—53.

**Геофизические** исследования и тектоника юга европейской части СССР. Под редакцией С.И.Субботина. К. — «Наукова думка». — 1969. — 246 с.

**Корчин В.О., Буртний П.О., Карнаухова О.С.** Прогнозна геофізична оцінка глибинного залягання поверхових порід Антарктиди // Тези III УАК 2006: «Наукові дослідження в Антарктиці». — III Міжнародна Конференція, м. Київ, Україна. — 29 травня—2 червня 2006 р. — А1-15. — С. 22.

**Корчин В.А., Буртний П.А., Карнаухова Е.Е., Нех А.С.** Упруго-плотностные характеристики горных пород западного побережья Антарктического полуострова района

захід від станції Академік Вернадський є зоною переходу континентальної кори до океанічної. Проте тут маловірогідний прояв активних процесів рифтогенезу, подібних до виявлених у районі протоки Брансфілд. Безпосередньо під протокою при співставленні петрофізичних матеріалів і даних ГСЗ наголошуються структурні особливості кори, характерні для областей рифтогенезу (підняття в центральній частині границі «М», наявність у приповерхневих ділянках високошвидкісних мінеральних утворень), коли мантіїний матеріал проникає у вищі горизонти і переробляє фундамент континентальної кори, що існував раніше, формуючи океанічну кору.

### 3. Висновки

Дані дослідження параметрів пружно-щільності порід середньої частини узбережжя Антарктичного півострова при високому тиску дозволили побудувати прогнозні моделі розподілу мінеральної речовини з глибиною уздовж сейсмічних профілів DSS 10, 12, 13 поблизу станції Академік Вернадський. Передбачається, що на поверхні (глибина <1км) можуть бути

станции “Академик Вернадский” // Український Антарктичний журнал. — 2004. — № 2. — С. 66—72.

**Корчин В.О., Буртний П.О., Карнаухова О.Є.** Региональные диагностические петрофизические особенности пород Антарктического полуострова (район станции «Академик Вернадский») // Тези IV Міжнародної Антарктичної конференції «III Міжнародний Полярний Рік 2007-2008: результати та перспективи». — 12–14 травня 2009. — м. Київ, Україна. — С. 13-14.

**Корчин В.О., Чулков С.С., Буртний П.О., Карнаухова О.Є.** Распределение минерального вещества в земной коре Антарктического полуострова по данным петрофизических исследований и ГСЗ // Геофизический журнал. — 2009. — 31, №6. — С.

**Корчин В.О., Чулков С.С., Буртний П.О., Карнаухова О.Є.** Глубинная модель литосферы центральной части Антарктического полуострова по данным ГСЗ и петрофизики высоких давлений // Тези IV Міжнародної Антарктичної конференції «III міжнародний полярний рік 2007-2008: результати та перспективи». — 12–14 травня 2009. — м. Київ, Україна. — С. 15–16.

**Лебедев Т.С., Корчин В.А., Буртний П.А.** Глубинное петрофизическое моделирование Земной коры Среднего Побужья (Украина). // Геофиз. Журнал, 1999. — 21. — №1 — С. 64–84.

**Непрочнов Ю.П., Непрочнова А.Ф., Семенов Г.А., Шишкина Н.А.** Строение Земной коры и верхов мантии по данным глубинного сейсмического зондирования. // Геофизика океана. — т. 1. — М, «Наука». — 1979. — С. 243–292.

**Непрочнов Ю.П., Седов В.В., Холопов Б.Н., Ельников И.Н.** Строение Земной коры по данным ГСЗ. // Строение дна северо-запада Тихого океана. — М. — «Наука». — 1984. — С. 89–102.

**Новая** глобальная тектоника / Под ред. Л.П. Зоненштайна, А.А.Ковалева. — М.: Мир, 1974. — 471 с.

**Соллогуб В.Б.** Литосфера Украины. К. — «Наукова думка». — 1986. — 183 с.

**Gonzalez-Ferrn O.** Volcanic and tectonic evolution Antarctic Peninsula. — Late Cainozoic to Recent // Tectonophys. — 1985. — Vol. 114. — №1-4. — P. 389–409.

**Grad M., Gutterch A., Janik T.** Seismic structure of the lithosphere across the zone of subducted Drake Plate under the Antarctic Plate, West Antarctica // Geophys. J. Int. — 1993. — Vol. 115. — P. 568–600.

**Gutterch A., Grad M., Janik T., Sroda P.** Polish Geodynamic Expedition — seismic structure of the West Antarctica // Polish Polar Res. — 1998. — V. 19. №1-2. — P. 113–123.

**Gutterch A., Grad M., Janik T. et al.** Seismic studies of crustal structure in West Antarctica. 1979–1980 preliminary results // Tectonophys. — 1985. — Vol. 114. — № 1-4. — P. 411–429.

**Janik T.** 1997. Seismic crustal structure of the Bransfield Strait, West Antarctica. — Polish polar research, 18. — 3-4. — P. 171–225.

**Korchin V.A., Butrny P.A., Karnaukhova E.E.** Elastic and density characteristics of rocks of Antarctic Peninsula and prognosticated depths of their occurrence / Abstract Volume of XXX SCAR/IASC IPY open science conference “Polar Research – Arctic and Antarctic perspectives in the International Polar Year”. — July 8th-11th, 2008, St.Petersburg, Russia. — S1.1/P17. — P. 73.

**Sroda P., Grad M., Gutterch A.** Seismic Models of the Earths Crustal Structure between the South Pacific and the Antarctic Peninsula. // The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes, 1997. — P. 685–689.