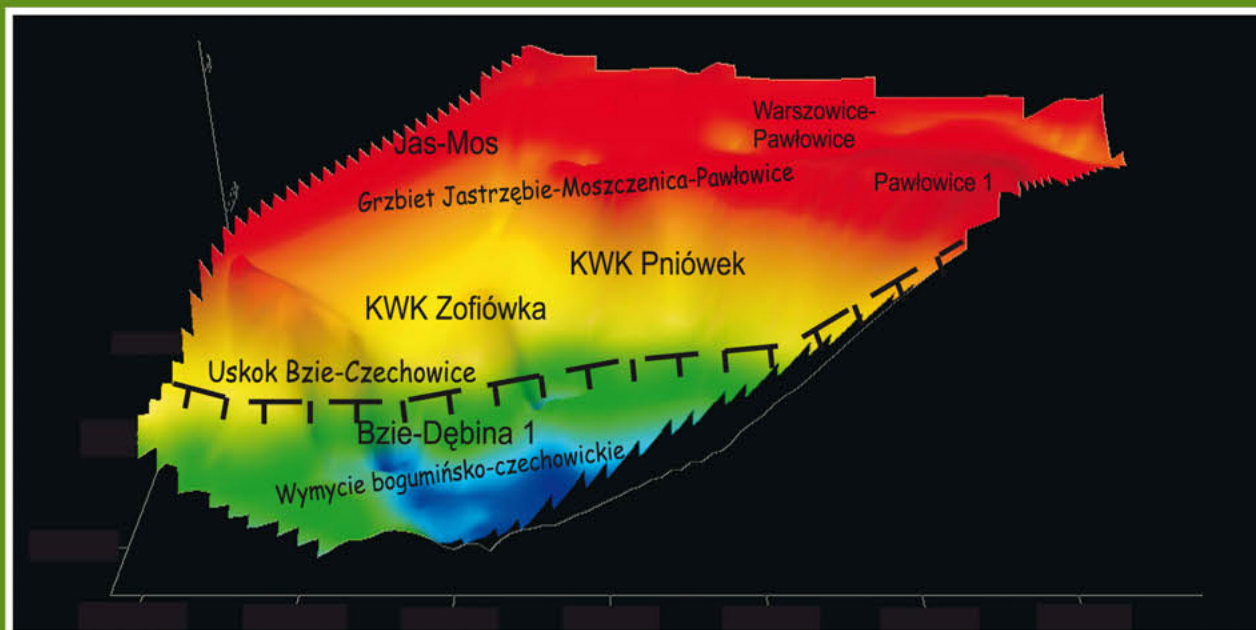


Sławomir Kędzior

**Przystropowa strefa gazonośna
w utworach karbonu
południowej części
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego –
występowanie, parametry zbiornikowe węgla
oraz możliwości pozyskania metanu**



**Przystropowa strefa gazonośna
w utworach karbonu
południowej części
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego –
występowanie, parametry zbiornikowe węgla
oraz możliwości pozyskania metanu**



NR 2938

Sławomir Kędzior

**Przystropowa strefa gazonośna
w utworach karbonu
południowej części
Górnośląskiego Zagłębia Węglowego –
występowanie, parametry zbiornikowe węgla
oraz możliwości pozyskania metanu**



Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzenci
Marek Nieć
Piotr Such

Redaktor: Barbara Todos-Burny

Projektant okładki: Radosław Kędzior

Aranżacja graficzna okładki: Małgorzata Pleśniar

Redaktor techniczny: Barbara Arenhövel

Korektor: Mirosława Żłobińska

Skład i łamanie: Edward Wilk

Copyright © 2012 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336

ISBN 978-83-226-2093-9 (wersja drukowana)

ISBN 978-83-8012-554-4 (wersja elektroniczna)

Wydawca

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego

ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice

www.wydawnictwo.us.edu.pl

e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 16,5. Ark. wyd. 14,5.

Papier offset. kl. III, 90 g Cena 20 zł (+ VAT)

Druk i oprawa: PPHU TOTEM s.c.

M. Rejnowski, J. Zamiara

ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław

Spis treści

Wykaz skrótów i symboli	7
Wprowadzenie	9
1. Metan pokładów węgla z punktu widzenia surowcowego	11
1.1. Metan jako kopalina	11
1.2. Rys historyczny oraz metody eksploatacji MPW	14
2. Stan badań	19
2.1. Związek gazonośności Górnośląskiego Zagłębia Węglowego z budową geologiczną	19
2.2. Przystropowa strefa metanonośna	25
2.3. Pokłady węgla jako zbiornik metanu	27
3. Obszar badań i metodyka	28
3.1. Obszar badań	28
3.2. Uwarunkowania geologiczno-metanowe	30
3.2.1. Stratygrafia i tektonika	30
3.2.2. Warunki metanowe	33
3.3. Materiał źródłowy	35
3.4. Wyznaczenie przystropowej strefy gazonośnej oraz parametrów zbiornikowych skał	36
4. Charakterystyka przystropowych akumulacji metanu w karbonie oraz gazu ziemnego w miocenie w świetle wyników badań własnych	41
4.1. Metanonośność pokładów węgla	41
4.2. Metanonośność piaskowców	52
4.3. Objawy gazu wolnego w otworach wiertniczych	55
4.4. Przemysłowe akumulacje metanu wolnego w stropie utworów karbonu oraz konwencjonalne złoża gazu ziemnego w utworach mioceńskich	60
4.4.1. Akumulacje w stropowych partiach karbonu	60
4.4.1.1. Akumulacja metanu wolnego KWK „Markłowice”	60
4.4.1.2. Akumulacja metanu wolnego KWK „Silesia”	61
4.4.1.3. Akumulacja metanu wolnego „Kaczyce I” w zrobach byłej KWK „Morcinek”	61
4.4.2. Złoża gazu ziemnego w utworach mioceńskich Dębowiec Śląski i Pogórz	62
5. Analiza porównawcza gazonośności serii węglonośnej w przystropowych partiach karbonu w poszczególnych rejonach badawczych oraz dyskusja wyników	64
6. Analiza parametrów fizykochemicznych i zbiornikowych węgla oraz warunki hydrogeologiczne	72
6.1. Charakterystyka występowania i miąższości pokładów węgla	73
6.2. Parametry fizykochemiczne oraz skład petrograficzny węgla	75
6.3. Pojemność gazowa i nasycenie pokładów metanem	77
6.4. Parametry zbiornikowe substancji węglowej uzyskane na podstawie badań pikno- i porozymetrycznych	85

6.5.	Przepuszczalność substancji węglowej	90
6.6.	Warunki hydrogeologiczne	95
7.	Możliwości zagospodarowania metanu	98
7.1.	Przystropowa strefa gazonośna jako cel eksploatacji	98
7.1.1.	Eksploatacja otworami kierunkowymi	99
7.1.2.	Eksploatacja otworami pionowymi	102
7.1.3.	Zagospodarowanie metanu w obszarze leżącym na południe od dyslokacji Bzie-Czechowice	104
7.2.	Propozycja rozszerzenia zakresu poszukiwań głębiej położonych pokładów dla eksploatacji MPW	105
8.	Podsumowanie	117
	Literatura	119
	Summary	129
	Резюме	131

Wykaz skrótów i symboli

CAG	— Centralne Archiwum Geologiczne
CBM	— <i>coalbed methane</i> (metan pokładów węgla)
csw	— bezwodna i bezpopiołowa (czysta) substancja węglowa
DZW	— Dolnośląskie Zagłębie Węglowe
ECBM	— <i>enhanced coalbed methane</i> (metan pokładów węgla o zwiększonym użytku ze złoża wskutek zatłaczania CO ₂)
GIG	— Główny Instytut Górnictwa
gr.	— grupa (pokładów węgla)
GSP	— górnośląska seria piaskowcowa
GZW	— Górnośląskie Zagłębie Węglowe
INiG	— Instytut Nafty i Gazu
KSP	— krakowska seria piaskowcowa
KWK	— kopalnia węgla kamiennego
LZW	— Lubelskie Zagłębie Węglowe
maks.	— wartość maksymalna
MBO	— metoda bezpośrednia otworowa
min.	— wartość minimalna
Mn	— substancja mineralna
MPW	— metan pokładów węgla
MŚ	— Ministerstwo Środowiska
npm	— nad poziomem morza
OG	— obszar górniczy
PIG	— Państwowy Instytut Geologiczny
PIG-PIB	— Państwowy Instytut Geologiczny — Państwowy Instytut Badawczy
ppt	— pod powierzchnią terenu
SM	— seria mułowcowa
SPA	— seria paraliczna
USBM	— US Bureau of Mines (metoda degazacji swobodnej)
<i>C</i>	— karbon
<i>F</i>	— powierzchnia pokładu
<i>G</i>	— metanonośność próbki, pokładu
<i>H</i>	— miąższość pokładu (warstwy), strefy
<i>h</i>	— wysokość (położenie) w stosunku do poziomu morza
<i>łw</i>	— łupek węglowy
<i>M</i>	— miocen
<i>p</i>	— przerost skały płonnej w pokładzie węgla
<i>P</i>	— ciśnienie
<i>Q</i>	— czwartorzęd
<i>R</i>	— stałość występowania pokładu o grubości bilansowej

R_o	— refleksyjność wityrynytu
T	— trias
V	— pojemność sorpcyjna węgla (metanopojemność)
V^{daf}	— zawartość części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym
Z	— metanozasobność pokładu
ρ	— gęstość objętościowa

Wprowadzenie

Region górnośląski, najbardziej uprzemysłowiony w kraju i liczący ok. 5 mln mieszkańców, jest ogromnym rynkiem zbytu energii. Metan występujący tu w pokładach węgla może stanowić dodatkowe, lokalne jej źródło dla odbiorców indywidualnych i przemysłowych. Dystrybucja tego nośnika może zwiększyć pewność dostaw energii, a także umożliwić obniżenie kosztów jej pozyskania i przesyłu. Zwrócono na to uwagę między innymi w najbardziej metanowych kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej, rozwijających systemy wydobycia i dystrybucji metanu kopalnianego, uzyskiwanego wskutek odmetanowania wyrobisk górniczych, i wykorzystujących ujęty metan na potrzeby własne lub sprzedających go odbiorcom zewnętrznym (np. GATNAR, 2005; KĘDZIOR, 2009a).

Termin „metan pokładów węgla” (MPW) oznacza akumulację metanu w pokładach węglowych, będące lub mogące stać się przedmiotem przemysłowej eksploatacji. Z uwagi na znaczne zasoby bilansowe metanu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW), szacowane na 90–120 mld m³ (GABZDYL, HANAK, 2005; KĘDZIOR, 2008a; KOTAS, 1994; KWARCINŚKI, 2006; MALON, TYMIŃSKI, 2011), MPW stanowi wciąż interesujący cel eksploatacyjny.

Przystropowa strefa gazonośna (metanonośna), obejmująca wtórnie nasycone metanem pokłady węgla i skały płonne zalegające w bliskim sąsiedztwie stropu węglonośnych utworów karbońskich, występuje w południowej części GZW (rys. 1.1). Nagromadzenie w niej metanu było możliwe między innymi z powodu przykrycia węglonośnego kompleksu karbońskiego grubym i szczelnym pakietem ilastym mioceńskiej formacji skawińskiej (rys. 1.2).

Gazonośne pokłady węgla występujące przy stropie utworów karbońskich stały się przedmiotem zainteresowania inwestorów zagranicznych, zajmujących się otworową eksploatacją MPW jako kopaliny głównej. Zachętą były spodziewane lepsze warunki otworowej eksploatacji MPW w stosunku

do głęboko zalegających pokładów węglowych, z których próbna eksploatacja tego gazu, prowadzona w latach dziewięćdziesiątych XX w., się powiodła.

Wydobycie MPW z niezagospodarowanych złóż węgla (pól dziewiczych) do dziś stanowi spore wyzwanie, zważywszy że dotychczas wszelkie próby pozyskania tego gazu w Europie na skalę przemysłową zakończyły się niepowodzeniem, gdy tymczasem w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Australii czy Chinach otworowe pozyskiwanie MPW przynosi wymierne korzyści gospodarcze (np. GRZYBEK, KROGULEC, 1998; FLORES, 1998; KĘDZIOR *et al.*, 2007; MURRAY, 2000; PALMER, 2010; THOMAS, 2002).

O zainteresowaniu wydobywaniem MPW w Europie świadczy działalność przedsiębiorstw i kompanii naftowych, takich jak Composite Energy lub Eur Energy Resources, zmierzająca do precyzyjnego rozpoznania warunków występowania i możliwości eksploatacji MPW głównie w Wielkiej Brytanii, Belgii, Niemczech oraz w Polsce — w zagłębiach górnośląskim i lubelskim. W 2006 r. Ministerstwo Środowiska przydzieliło kolejną koncesję na poszukiwanie i rozpoznawanie MPW w centralnej części niecki głównej. Adresatem koncesji była firma Eur Energy Resources¹ z kapitałem amerykańskim (KĘDZIOR *et al.*, 2007, rys. 1.1).

Wieloletnie badania dotyczące występowania przystropowej strefy gazonośnej GZW, prowadzone przez autora niniejszej rozprawy, skłoniły do sformułowania tezy, że omawiana strefa stanowi samodzielną akumulację metanu, której występowanie powiązane jest ściśle z rozwojem geologicznym zagłębia oraz z budową geologiczną partii stropowej węglonośnych utworów karbońskich. Z kolei

¹ W grudniu 2010 r. koncesję na poszukiwanie i rozpoznawanie MPW w obszarze niecki głównej odkupiła spółka Composite Energy Poland, a następnie (luty 2011 r.) 100% udziałów tej spółki nabyła firma Dart Energy Poland.

parametry zbiornikowe pokładów węgla w obrębie tej strefy przedstawiają się korzystniej niż parametry pokładów głęboko leżących. Zatem celem pracy jest określenie położenia przystropowej strefy gazonośnej w systemie gazonośnym karbonu i mioenu GZW oraz przeanalizowanie parametrów zbiornikowych węgla jako podstawowego akumulatora metanu, mających zasadniczy wpływ na postęp jego eksploatacji z pokładów. Przedyskutowano również możliwości ujmowania MPW w nawiązaniu do wyników osiągniętych w trakcie realizacji wymienionego celu.

Autor rozprawy składa serdeczne podziękowania zarówno pracownikom spółki „Karbonia” PL i działów mierniczo-geologicznych KWK „Krupiń-

ski”, „Silesia”, „Marcel”, „Pniówek” oraz „Zofiówka” za pomoc w trakcie poboru próbek węgla i skał płonnych, jak i kadrze Zakładu Geologii i Geochemii Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie za wykonanie analiz petrofizycznych próbek i nieodzowną pomoc w interpretacji wyników. Dziękuje również pracownikom obsługującym archiwa Państwowego Instytutu Geologicznego — Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie i Sosnowcu za pomoc oraz zaangażowanie w udostępnianiu materiałów niezbędnych do realizacji pracy. Wyrazy wdzięczności winien jest także recenzentom, których cenne rady i wskazówki merytoryczne były bardzo pomocne w realizacji niniejszego opracowania. Panu Markowi Hałczyńskiemu autor dziękuje za pomoc w komputerowym wykonaniu map zmienności parametrów przystropowej strefy gazonośnej.

**A near-roof gas-bearing zone
in Carboniferous rocks of the southern part of the Upper Silesian Coal Basin —
occurrence, coal reservoir parameters and prospects for methane extraction**

S u m m a r y

In the southern part of the Upper Silesian Coal Basin, a gas-bearing zone including coal beds and waste rocks secondarily saturated with methane occurs near the top of a coal-bearing Carboniferous sequence. The accumulation of methane within the zone was possible because, inter alia, the Carboniferous rocks are covered by a few hundred meters of impermeable Miocene deposits, that constitute an isolating screen for gases.

The zone has become an attractive prospect for investors interested in the exploitation of the coal bed methane (CBM) by surface bore holes. The reasons for this are the shallow location of the zone and prospective reservoir parameters.

The present work is an attempt to make a detailed geological analysis of the gas bearing zone as an independent element of the gas-bearing system of the Silesian Basin. The distribution of the methane, the reservoir parameters and possible ways of CBM extraction are examined. The zone was defined by reference to the binding balance criteria of CBM as the main or accompanying mineral commodity.

Analysis of the methane content in the coal beds and waste rocks of the zone show that the methane accumulation is to a large extent determined by the geology of the uppermost part of the Carboniferous sequence, i.e., the lithologies present, fault systems and the topography of the roof of coal-bearing formations. The methane zone is most continuous and concentrated in the region of Warszowice-Pawłowice which is situated in the upthrow side of the Bzie-Czechowice dislocation where hermetic mudstones occur at the top of the Carboniferous formations. The zone becomes less continuous to the east and in the region of Ćwiklice-Dankowice, appearing in the form of isolated areas that coincide with the occurrence of porous- and permeable Łaziska sandstones at the top of the coal bearing rocks.

In the regions of Bzie-Dębina and Gołkowice and Zebrzydowice-Kaczyce on the southern side of the Bzie-Czechowice dislocation, the near-roof gas-bearing zone becomes thinner and more dispersed. However, the amount of free gas increases in sandstones and

conglomerates lying on the boundary between Carboniferous- and Miocene formations.

In the context of conventional natural-gas plays within the Carpathian Foredeep and the distribution of methane contents in coal seams, the zone of interest here occupies a distinctive position in the gas bearing system of the Carboniferous and Miocene of the Upper Silesian Coal Basin. It constitutes an independent gas-bearing complex encompassing both adsorbed methane in coal seams and free methane accumulated in other reservoir rocks, mainly sandstones.

Based on the research of others who proposed a microbial origin for the methane in the near-roof parts of the Carboniferous sequence and in the Miocene strata, on the fact that the coal seams are almost fully saturated with methane, and on the influence of faults in methane accumulation, it is concluded that the origin of the gas involved both microbial and thermogenic processes. Microbial methane was probably formed by bacteria in the current host rocks whereas thermogenic methane migrated along faults from deeper Carboniferous source rocks.

The reservoir parameters of the coal beds generally indicate a low capability for fluid conduction (0.1—3 mD permeability) and eventually did not confirm more profitable parameters of permeability and porosity in the shallow beds. Greater than average parameters (3—18 mD) were noted only locally; this may reflect a localized coal susceptibility to natural crushing.

The near-roof methane zone is not profitable for CBM exploitation by surface bore-holes as the beds involved are dislocated, commonly split, and are cut by a dense fault network in the most methane-rich region of Warszowice-Pawłowice. Bed thicknesses become constant eastwards in the Ćwiklice-Dankowice region, but gas contents are much lower there. Even leaving these other difficulties aside, the failure to find the combination of uniform beds and high gas contents seems to indicate that the near-roof gas-bearing zone is an uncertain CBM exploitation target.

Taking into account a limiting depth of ca 800 meters for the profitable exploitation of methane, it is pro-

posed that the scope of the search should be widened to include the beds of the primary (deep) gas bearing zone down to that depth. The spread and thickness of selected coal beds in this deeper interval show that it is easier to find areas where coal seams are both regular in their occurrence and are characterized by relatively high gas contents. In the light of the studies and obser-

rvations carried out, coal seam 315 in the region of Dankowice, and seams 338/1 and 340/2 in the region of Warszowice-Pawlowice, are the most prospective for efficient CBM extraction. In addition, CBM exploitation by surface bore-holes has involved and will involve many problems of a geological and environmental nature.

Славомир Кендзёр

**Газоносная около кровельная зона в отложениях карбона южной части
Горносилезского угольного бассейна –
залегание, параметры газоносности угля и возможности добычи метана**

Резюме

Газоносная около кровельная зона, охватывающая вторично насыщенные метаном пласты угля и пустые породы, залегающие вблизи кровли угольных отложений карбона, находится в южной части Горносилезского угольного бассейна. Скопление метана в пределах этой зоны происходило, в частности, благодаря перекрытию угольного комплекса карбона серией непроницаемых миоценовых осадков мощностью в несколько сотен метров, являющихся изолирующим экраном для газов.

Обсуждаемая зона заинтересовала инвесторов в плане скважинной разработки метана угольных пластов (МУП). Неглубокое залегание этой зоны, а также ожидаемые эффективные параметры газоносности угля имели решающее значение.

В настоящей работе была предпринята попытка комплексного анализа газоносной около кровельной зоны, как самостоятельного элемента в газоносной системе бассейна. Были изучены способ аккумуляции метана, параметры газоносности угля и возможные методы добычи МУП.

Газоносная зона была выделена, исходя из принятых критериев при учете действующих критериев баланса запасов метана, как основного или сопутствующего полезного ископаемого.

Анализ метаноносности угольных пластов и пустых пород в пределах этой зоны показал, что элементы геологического строения кровли отложений карбона, такие как литология отложений карбона и миоцена, разрывная тектоника и форма кровли угленосных отложений карбона, отвечали в большей степени за аккумуляцию метана. Рассматриваемая зона характеризуется наиболее непрерывным и сплошным распространением в районе Варшавице-Павловице, расположенном в висящем крыле дислокации Бзе-Чеховице и отличающимся наличием непроницаемых аргиллитов и алевролитов в кровле отложений карбона. В восточном направлении (район Чвиклице-Данковице) данная зона становится более прерывистой, она проявляется в форме изолированных фрагментов, что совпадает с залеганием пороватых и проницаемых лазиских

песчаников в кровли угленосных отложений карбона.

В южной части вышеупомянутой дислокации (районы Бзя-Дембина, Голковице и Зебжидовице-Качице) газоносная около кровельная зона меняет свой характер и становится менее мощной и более расчлененной, зато увеличивается количество газа в пустых породах.

Рассматриваемая зона занимает конкретную позицию в газоносной системе карбона и миоцена Горносилезского бассейна относительно традиционных месторождений природного газа Карпатской депрессии и метаноносного поля угленосных отложений карбона. С учетом этого, обсуждаемая зона является независимым газоносным комплексом, включающим в себя как метаноносные пласты угля, так и пустые породы, насыщенные свободным метаном.

Основываясь на результатах исследований других авторов, говорящих о микробиальном происхождении метана в около кровельных партиях карбона и миоцена и на факте почти полного насыщения пластов метаном, а также на оценке роли сбросов, влияющих на количество накопленного метана, был сформулирован вывод о полигенетическом генезисе газа – микробиальный и термогенетический. Вероятно, микробиальный метан был произведен метановыми бактериями на месте, а термогенетический метан просочился по сбросам с более глубоких партий карбона.

Анализ параметров газоносности угля показал, в общем, слабый потенциал проводимости среды (проницаемость 0,1–3 мД) и, в конечном итоге, не подтвердил более эффективной проницаемости и пороватости в неглубоких пластах. Большие значения проницаемости по сравнению со средними (3–18 мД) были отмечены локально, что было вызвано избирательной восприимчивостью угля на процессы натурального дробления.

Как мощность, так и залегание угольных пластов в пределах обсуждаемой зоны не являются благоприятными с точки зрения скважинной эксплуатации метана. В наиболее метаноносном

районе Варшовиц-Павловиц эти пласты проявляют нарушенный характер, они часто расщеплены и разбиты густой сетью сбросов. В восточном направлении (район Чвиклице-Данковице) условия залегания пластов более благоприятны, зато их газоносность уменьшается. Газоносная около кровельная зона не является надежным источником добычи МУП, в частности, из-за несоответствия между непрерывным, ненарушенным залеганием пластов и высокой газоносностью.

Принимая во внимание предельную глубину рентабельной эксплуатации метана, равной 800 м, предложено расширить предел поисков пластов для эксплуатации МУП, охватывающий пласты основной газоносной зоны, лежащих до установленной

глубины. Анализ распространения и мощность определенных пластов в данном интервале глубин показал, что здесь легче найти области, отвечающие критериям, учитывающим закономерность нахождения угольных пластов и их газоносность, чем исключительно в пределах газоносной около кровельной зоны. В свете проведенных исследований и наблюдений наиболее благоприятными для эффективной добычи метана являются пласты 315 в районе Данковиц и 338.1 и 340.2 в районе Варшовиц-Павловиц.

Начало скважинной добычи метана будет связано с возникновением множества проблем геологического и экологического характера.

