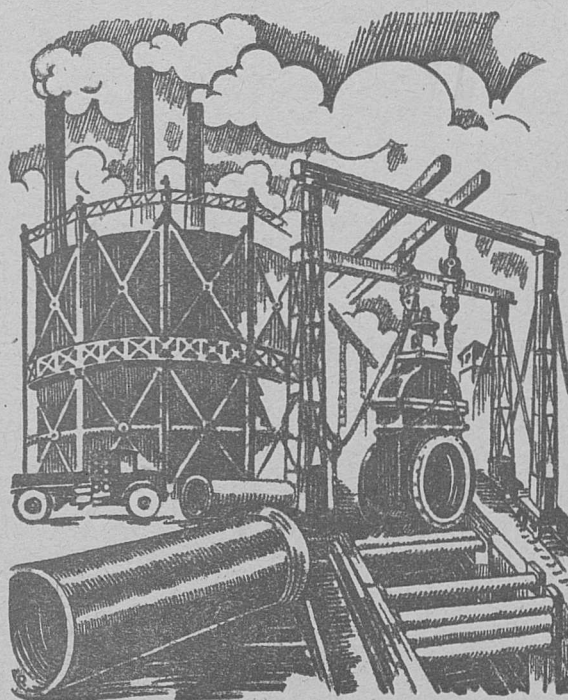


GAZ, WODA

TECHNIKA

SANITARNA

— *miesięcznik* —



r 5

MAJ 1955

ROK XXIX

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

GAZ, WODA I TECHNIKA SANITARNA

MIESIĘCZNIK

KOMITET REDAKCYJNY:

REDAKTOR NACZELNY: MGR INŻ. HENRYK JANCZEWSKI

REDAKTOR DZIAŁU GAZOWNICTWA: MGR INŻ. ROMUALD KIELKIEWICZ

REDAKTOR DZIAŁU WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI: MGR INŻ. JÓZEF LIEBFELD

REDAKTOR DZIAŁU TECHNIKI SANITARNEJ: PROF. DR INŻ. JAN JUST

REDAKTOR DZIAŁU INSTALACJI: DOC. DR INŻ. STEFAN KOŁODZIEJCZYK

SEKRETARZ REDAKCJI: ZOFIA KLIMASZEWSKA

REDAKTOR TECHNICZNY: DR JADWIGA WŁODEK-SANOJCA

NR 5

Maj 1955

ROK XXIX

TREŚĆ

IV Konferencja Naukowo-Techniczna
Mgr inż. Zbigniew Obuchowicz — Polskie
złoża gazu ziemnego.

Prof. inż. Zdzisław Wilk — Dopuszczalny pobór
gazu ziemnego ze złożów gazowych oraz kryteria i sposoby
określenia tego poboru.

Mgr inż. Tadeusz Reguła — Dopuszczalny
pobór gazu ze złożów czysto gazowych (Koreferat).

Mgr inż. Juliusz Kaczorowski i mgr inż.
Władysław Kołodziej — Magazynowanie gazu
ziemnego pod ziemią i wyniki polskich prób w tym kie-
runku.

Doc. inż. Henryk Górka — Koreferat do referatu
inż. J. Kaczorowskiego i inż. W. Kołodzieja pt. „Maga-
zynowanie gazu ziemnego pod ziemią i wyniki polskich
prób w tym kierunku”.

Doc. inż. Czesław Poborski — Ujęcie metanu
w kopalniach węgla.

Mgr inż. Zbigniew Grębski — Pobór gazu
ziemnego z serii węglonośnej odwiertami z powierzchni.

Mgr inż. Adam Ogrodnik — Koreferat do refe-
ratu mgr inż. Z. Grębskiego pt. „Pobór gazu ziemnego
z serii węglonośnej odwiertami z powierzchni”.

Dyskusja — wnioski.

Mgr inż. Zygmunt Mikucki — Kilka uwag do-
tyczących zagadnienia zaopatrzenia w wodę i oczyszcz-
ania ścieków.

Inż. Włodzimierz Skoraszewski —
Niektóre osobliwości filtracji wody bieżącej.

Inż. Henryk Stępień — Sposoby zabezpieczania
instalacji c.o. przed wahaniami ciśnienia w sieciach cie-
płowniczych.

Inż. Kazimierz Bajer — O właściwą eksploatację
i kontrolę oczyszczalni ścieków.

Prof. Zygmunt Rudolf — Technika sanitarna jako
wyraz troski o człowieka.

Wiadomości praktyczne.

Z prasy zagranicznej.

Recenzje.

Przegląd Dokumentacji Technicznej Gospodarki Komunalnej

СОДЕРЖАНИЕ

IV Научно-Техническая Конференция
Мгр инж. З. Обухович — Польские залежи земного
газа.

Проф. инж. З. Вильк — Допустимый захват земного
газа, критерии и определение этого захвата.

Мгр инж. Т. Регула — Допустимый захват газа из га-
зовых месторождений (содоклад).

Мгр инж. Ю. Качоровски и мгр инж. В. Ко-
лодзей — Хранение земного газа под землей и резуль-
таты польских исследований.

Доц. инж. Г. Гурка — К докладу инж. Ю. Качоров-
ского и инж. В. Колодзая на тему „Хранение земного газа
под землей и результаты польских исследований”.

Доц. инж. Ч. Поборски — Каптаж метана в уголь-
ных шахтах.

Мгр инж. З. Грембски — Захват земного газа с по-
верхности из угленосных месторождений буровыми сква-
жинами.

Мгр инж. А. Огородник — К докладу инж. З. Гремб-
ского на тему „Захват земного газа с поверхности из угле-
носных месторождений буровыми скважинами”.

Прения и предложения.

Мгр инж. З. Микуцки — Замечания к проблеме во-
доснабжения и очистки сточных вод.

Мгр инж. В. Скорашевски — Особенности филь-
трации проточной воды.

Инж. Г. Стемпень — Предохранение центрального ото-
пления перед колебанием давления в тепловых сетях.

Инж. К. Баер — Правильная эксплуатация и контроль
станции очистки сточных вод.

Проф. З. Рудольф — Санитарная техника проявлением
заботы о человеке.

Практические сведения.

Из зарубежной печати.

Рецензии.

Обзор Технической Документации Коммунального Хозяйства.

Redakcja i Administracja: Warszawa, ul. Czackiego 3/5. Tel. 67.461 wewn. 90.

Prenumerata: Półrocznie 36 zł. Kwartalnie 18 zł. Numer pojedynczy 6 zł.

Prenumeratę przyjmują listonosze i urzędy pocztowe.

Zakłady Graficzne i Wydawnicze Dom Słowa Polskiego. Zam. 1958/c. Podpisano do druku dn. 26.5.55 r.

Druk ukończono 29.5.55 r. Nakład 4600 egz. Ark. wyd. 15,4. Format A4. Ark. druk. 8, Pap. V kl. druk. sat. B-6-6034.

GAZ, WODA, TECHNIKA SANITARNA

M I E S I Ą C Z N I K
O R G A N

STOWARZYSZENIA NAUKOWO-TECHNICZNEGO INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
SANITARNYCH, OGRZEWNICTWA, GAZOWNICTWA I TERENÓW ZIELONYCH

Nr 5

MAJ — 1955

ROK XXIX

Zadania stowarzyszeń naukowo-technicznych

Uchwały II Zjazdu i III Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej wskazały na poważną i odpowiedzialną rolę, jaką mają i powinny odegrać stowarzyszenia naukowo-techniczne, zrzeszone w Naczelnej Organizacji Technicznej w walce o postęp techniki w gospodarce narodowej.

Znamienna w tym względzie jest wypowiedź na III Plenum KC PZPR tow. Bolesława Bieruta, który stwierdził, że na obecnym etapie budownictwa socjalistycznego „niezbędne jest skierowanie uwagi na osiągnięcie postępu technicznego, rozpowszechnienie wniosków racjonalizatorskich i przodujących metod pracy. Należy zerwać z metodami doraźnej tylko współpracy z nauką, ustalić w każdej gałęzi przemysłu węzłowe problemy długofalowej polityki technicznej i śmiało, wspólnie z pracownikami nauki szukać dróg rozwiązania, walczyć o wkład polskiej myśli naukowej i technicznej do dorobku postępowej nauki i techniki świata“.

Jest rzeczą jasną, że walkę o postęp techniczny, o wyższą jakość naszej produkcji, o rozwój ruchu współzawodnictwa i wprowadzenie przodujących metod pracy można wygrać przy lepszym związaniu pracy resortów, pracy działaczy gospodarczych i partyjnych z pracą jak najszerszych rzesz inżynierów i techników i ich stowarzyszeń naukowo-technicznych.

Żywiotowy rozwój stowarzyszeń naukowo-technicznych NOT sprawił, że liczba członków zrzeszonych w tych stowarzyszeniach: inżynierów, techników, przodowników pracy i racjonalizatorów wzrosła w 17 stowarzyszeniach w 1955 roku do liczby ok. 150.000. Równocześnie, w ostatnich dwóch latach punkt ciężkości pracy w stowarzyszeniach naukowo-technicznych został przerzucony na koła zakładowe, których liczba wzrosła do ponad 4300.

Koła zakładowe stowarzyszeń branżowych NOT mają poważne i odpowiedzialne zadania. W pierwszym rzędzie winny one brać udział w ogólnozakładowych akcjach zakładu produkcyjnego. Punktem wyjścia przeprowadzanych akcji jest analiza procesów produkcyjnych zakładów. Nie można mówić o obniżce kosztów własnych produkcji, względnie o zmniejszeniu zużycia materiałów, bez głębokiej i wnikliwej analizy procesów produkcyjnych.

Przeprowadzane analizy winny doprowadzić do ujawnienia rezerw produkcyjnych. W wyniku analizy winny być ustalone kierunki tematyczne akcji kół zakładowych w zakresie racjonalizacji, odczytów, zebrań dyskusyjnych, kursów — o konkretnej, służącej celom usprawnienia produkcji, tematyce. W planie pracy należy przewidzieć podniesienie wiedzy fachowej i politycznej członków kół oraz stworzyć odpowiednie formy życia koleżeńsko-towarzyskiego.

Jak widać z podanego pobieżnie zakresu zadań, należyście postawiona praca kół zakładowych może wnieść istotne elementy postępu technicznego i usprawnienia prac zakładów produkcyjnych. Czy jednak koła zakładowe w naszym stowarzyszeniu naukowo-technicznym należyście pracują?

Ostatnie zgromadzenie ogólne członków Oddziału Warszawskiego Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Sanitarnych, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Terenów Zielonych wykazało, że nie zawsze praca w kołach zakładowych postawiona jest na właściwym poziomie. Wiele kół wykazuje zbyt mało inicjatywy w realizowaniu określonych im zadań, szczególnie w żywym związaniu się z produkcją zakładów, w jej usprawnianiu i podnoszeniu na wyższy poziom. Szereg kół deprecjonuje swoją rolę w odniesieniu do Uchwały nr 394 Prezydium Rządu z dnia 30 maja 1954 r. w sprawie pogłębienia współpracy organów administracji gospodarczej ze stowarzyszeniami naukowo-technicznymi zrzeszonymi w Naczelnej Organizacji Technicznej. Przewodniczący kół zakładowych powinni pamiętać, że kierownicy uspołecznionych zakładów pracy wymienioną wyżej Uchwałą Prezydium Rządu zostali zobowiązani do zapewnienia niezbędnej pomocy organizacyjnej kołom zakładowym w pracach na odcinku postępu technicznego oraz realizacji i popularyzacji podejmowanych w tym celu zobowiązań.

Stowarzyszenia naukowo-techniczne są twórczymi organizacjami inżynierów i techników. Praca twórcza wymaga ścierania się poglądów i dyskusji. Bujny rozwój naszej gospodarki narodowej, każdy dzień pracy naszych zakładów przynosi setki problemów technicznych. Problemy te w pierwszym rzędzie winny być dyskutowane na kołach zakładowych, a dalej w stowarzyszeniach. Należy do nich podchodzić śmiało i z całą przeżnością, a w szczególności uciągając do współpracy jak największą liczbę inżynierów, techników, racjonalizatorów i przodowników pracy w danym zakładzie pracy. Oparcie współpracy o jak najszerszy aktyw twórczy, aktyw, który będzie świadomy swoich zadań i celów do których dąży, przyniesie niewątpliwie wiele korzyści zakładom produkcyjnym w zakresie postępu technicznego, usprawnienia produkcji, oszczędności materiałowych, obniżenia kosztów własnych itd.

Jeśli koła zakładowe dobrze zrozumieją swoją rolę i zadania na swoich zakładach pracy — to wówczas i nasze Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne, SNITSOG, spełni te wszystkie zadania, jakie na obecnym etapie naszego życia gospodarczego nakłada na nas Partia i Rząd.



IV Konferencja Naukowo-Techniczna poświęcona zagadnieniom eksploatacji gazu ziemnego w dniach 11 — 12.II.1955 r. w Krakowie

W zeszycie 4/55 „GWTS“, w dziale „Z życia Organizacji“, zamieściliśmy krótkie sprawozdanie z IV Konferencji Naukowo-Technicznej, poświęconej zagadnieniom eksploatacji gazu ziemnego. W sprawozdaniu tym podano tytuły referatów i nazwiska referentów oraz koreferentów, naświetlając w krótkich zarysach przebieg Konferencji.

Z uwagi na to, że rozważane na tej Konferencji problemy stanowią cenny materiał, obejmujący wyniki dotychczasowych badań polskich placówek naukowych w zakresie racjonalnej gospodarki gazem ziemnym, zamieszczamy poniżej treść zasadniczych referatów oraz przebieg dyskusji i wnioski.

Z braku miejsca nie mogliśmy podawać streszczeń wszystkich koreferatów. Z tego samego względu referat mgr inż. Z. Obuchowicza musiał ulec skróceniu (pkt — Poszukiwanie złóż gazu na Przedgórzu, pominięto 15 rysunków).

Redakcja

Mgr inż. ZBIGNIEW OBUCHOWICZ

Polskie złoża gazu ziemnego

Podział złóż oparty na stanie skupienia i składzie gazu.

Zależnie od stanu skupienia węglowodorów można podzielić złoża gazu ziemnego na trzy (względnie cztery) grupy. Pierwsza grupa to złoża czysto gazowe, w których, przy ciśnieniu i temperaturze odpowiadającej zaleganiu złoża, wszystkie nagromadzone węglowodory znajdują się w fazie gazowej i nawet przy znacznych zmianach ciśnienia i temperatury nie wystąpi faza ciekła (czyli typ czwarty według Z. Wilka). Są to złoża niekondensacyjne, zawierające przede wszystkim metan. Drugą grupę (pierwszy i trzeci typ według Z. Wilka) tworzą złoża, w których prócz metanu są również węglowodory cięższe, ale wszystkie węglowodory występują w warunkach naturalnych złoża w fazie gazowej. W tego rodzaju złożach może nastąpić wykroplenie fazy ciekłej w razie zmiany ciśnienia (złoża kondensacyjne) lub temperatury i ciśnienia. W złożach tych po przerwaniu gwałtownej eksploatacji i po wyrównaniu się temperatury złoża ze skałami otaczającymi, wykroplone węglowodory przejdą ponownie w fazę gazową.

Trzecią grupę tworzą złoża, w których węglowodory występują w fazie gazowej w stanie nasycenia, przy ewentualnej obecności fazy ciekłej (np. czapy gazowe) i w których nawet nieznaczne obniżenie ciśnienia powoduje wykroplenie kondensatu.

Granice, na podstawie których podział na grupy jest przeprowadzony, odpowiadają stanowi węglowodorów w momencie odkrycia złoża. Od powstania złoża do momentu jego odkrycia, jak również w czasie eksploatacji, charakter złoża może ulec zmianie.

Najwyraźniej zaznacza się granica pomiędzy złożami metanowymi, ewentualnie nawet z śladami cięższych węglowodorów, a pozostałymi złożami. Różnica pomiędzy złożami metanowymi a innymi wynika nie tylko z odmiennego stanu skupienia węglowodorów, ale prawdopodobnie również wskutek odmiennych warunków powstawania tych złóż.

Prócz wymienionych złóż gazu, eksploatuje się lekkie węglowodory również przy eksploatacji złóż ropy, gdzie wydzielanie lekkich węglowodorów rozpущonych w ciekłej fazie cięższych węglowodorów następuje przy obniżeniu ciśnienia. Skład chemiczny niektórych gazów z tego rodzaju złóż jest przedstawiony w tablicy 1.

Prócz podanego podziału istnieją również inne podziały, zależnie dla jakiego celu mają służyć. Np. z punktu użytkowego dzielimy na złoża gazu gazolinowego, tzn. zawierającego 20 g węglowodorów cięższych (C_{3+}) na 1 Nm³ oraz złoża gazu bezgazolinowego.

Dla scharakteryzowania chemicznego składu gazu występującego w danym złożu (składników towarzyszących) używa się dodatkowych terminów, jak np. złożo czysto metanowe, złożo „gazowe“ (metanowe) z azotem, z helem itp.

Podział złóż gazu oparty na budowie geologicznej.

Polskie złoża gazowe występują w trzech prowincjach geologicznych, a mianowicie w obszarze Przedgórza w warstwach tortońskich (górnym miocenie), w obrębie Karpat w pia-

skowcach ciężkowickich (eocen) i piaskowcach istebniańskich (górną kreda) oraz na obszarze Zagłębia Węglowego w piaskowcach warstw siodłowych i brzeżnych karbonu produktywnego.

Na obszarze Przedgórza Karpat występują złoża w rejonie M — W; G — S oraz pod nasunięciem Karpat w rejonie D — S — P.

W obrębie Karpat występują złoża w piaskowcach ciężkowickich w S — R — S, R — R oraz w Sz — B i B i w piaskowcach istebniańskich — złożo S — S.

W obrębie Zagłębia Węglowego występuje złożo w rejonie Ma.

Na wstępie należy zaznaczyć, że wszystkie nasze złoża gazu ziemnego należą do złóż pokładowych, tzn. że skała — zbiornik ma charakter warstwy ograniczonej dwiema płaszczyznami prawie równoległymi.

Ogólny charakter petrograficzny zbiorników gazowych we wszystkich złożach jest ten sam, tzn. horyzontami gazowymi są piaskowce, z wyjątkiem dolnego poziomu z rejonu M — W, gdzie małe ilości węglowodorów są nagromadzone w spękaniach anhydrytów i w bardzo cienkich smugach piaszczystych pomiędzy łupkami marglistymi.

Porowatość i przepuszczalność niektórych piaskowców gazonośnych podaje tablica 2, z której widoczne jest, że stosunkowo najlepszym zbiornikiem są piaskowce istebniańskie czarnorzeckie.

Forma zalegania złóż łącznie z warunkami zabezpieczenia nagromadzonych węglowodorów przed zniszczeniem pozwala wydzielić spośród nich dwa główne typy, a to typ strukturalny oraz stratygraficzny¹⁾.

Polskie złoża gazu typu strukturalnego można podzielić dalej na dwa rodzaje:

a) złoża związane ze strukturą antyklinalną, tzn. złoża, w których nagromadzenie gazu występuje w najbardziej wyniesionej części horyzontu porowatego przykrytego zgodnie zalegającymi warstwami nieprzepuszczalnymi. Są to złoża antyklinalne, przy czym zaliczymy tu również podgrupę złóż antyklinalnych z dyzlokacją podłużną.

b) złoża związane z zamknięciem tektonicznym, ekranowane przez nasunięcie.

Do złóż antyklinalnych (fałdowych) z dyzlokacjami poręcznymi należy złożo S — S, w których zamknięciem horyzontów gazowych i zabezpieczeniem przed zniszczeniem nagromadzonych węglowodorów są nadległe warstwy ilaste oraz przesunięcia tektoniczne, poszczególnych bloków względem siebie (rys. 1).

Do tej grupy należy również zaliczyć złożo z rejonu S — G, złożo R — R oraz złożo B. (rys. 2).

Forma zalegania plastycznych łupków eoceńskich w rejonie złoża S — R — S nie pokrywa się z definicją podaną poprzednio odnośnie złóż antyklinalnych, o zgodnym zaleganiu horyzontu gazowego i warstw osłaniających, dlatego ten ro-

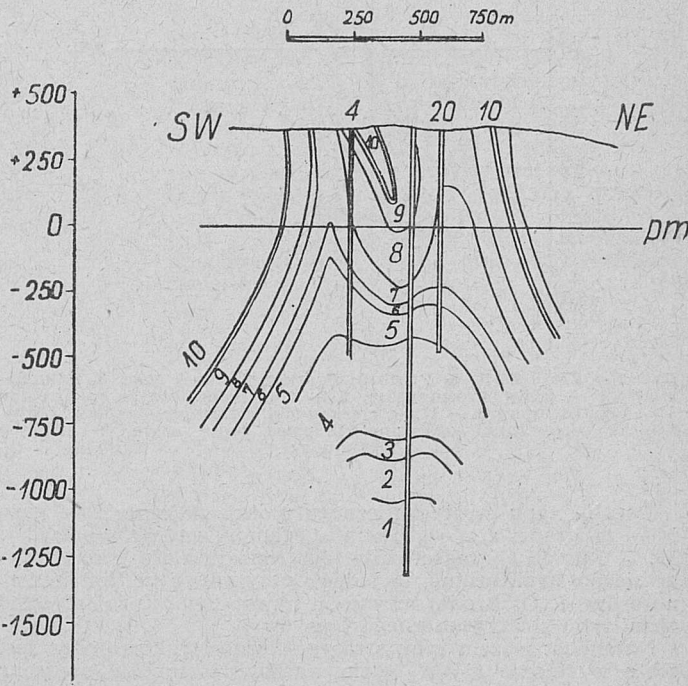
¹⁾ Zaliczenie złoża do danego typu lub rodzaju jest umowne i nie zawsze ściśle, gdyż często jedno złożo spełnia warunki pozwalające zaliczyć je do dwu różnych rodzajów.

Skład gazów złóż ropnych wg analiz I. N. Krosno

L.p.	Nazwa obszaru	Nazwa odwiertu	Horyzonty	Data pomiaru	Ciężar względn. w stosunku do pow.	Składniki gazu w mieszaninie z powietrzem															
						C H ₄		C ₂ H ₆		C ₃ H ₈		C ₄ H ₁₀		C ₅ H ₁₄		CO ₂		O ₂		N ₂	
						% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³	% obj.	g/m ³
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	T.W.	z całego pola	w-wy krośn. oligocen	3.5.54	0,767	77,3	553	2,1	28	6,1	123	3,0	81	2,7	92	0,6	12	0,6	9	7,6	94
2	Po	„	P-ce ciężkow. eocen	20.2.53	0,751	73,7	527	2,6	38	3,6	73	2,8	75	1,7	58	1,8	36	2,0	28	11,6	145
3	Gr	„	d. kreda w-wy krośn.	16.9.53	0,835	61,6	442	1,9	28	6,5	132	2,2	60	2,7	92	0,7	16	3,2	47	21,2	263
4	Mo	„	oligocen	26.4.54	0,761	73,6	527	—	—	3,8	76	2,9	78	2,4	80	—	—	3,8	54	13,5	169
5	Cz	„	w-wy krośn. oligocen	12.5.54	0,969	61,4	442	—	—	7,3	147	10,7	287	4,1	140	4,5	85	1,5	21	10,5	131
6	P	„	w-wy cer-gow. eocen	14.6.54	1,005	49,7	356	—	—	24,3	485	4,5	120	3,0	103	0,3	6	1,0	14	17,2	215

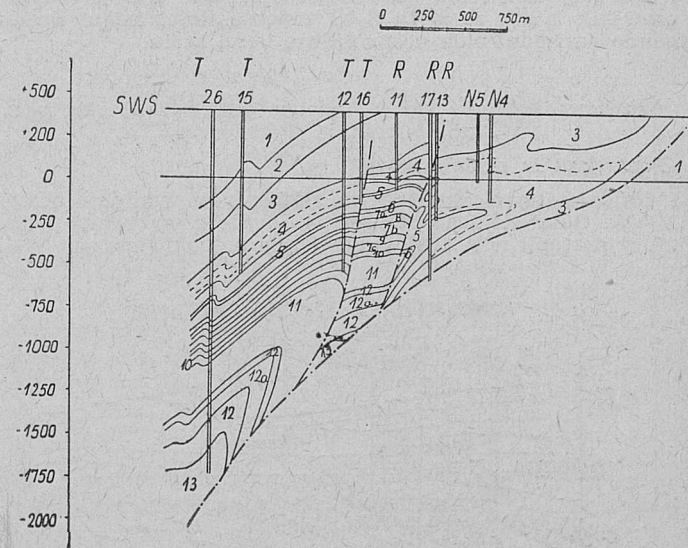
dziej złoża można by nazwać złożem fałdu diapirowego (kominowego) (rys. 3).

Do złóż strukturalnych, o zamknięciu powstałym na skutek nasunięcia, należy złóż Sz—B, (rys. 4), a także częściowo (górne horyzonty) złóż D—S—P (rys. 5). Przy czym w złożu

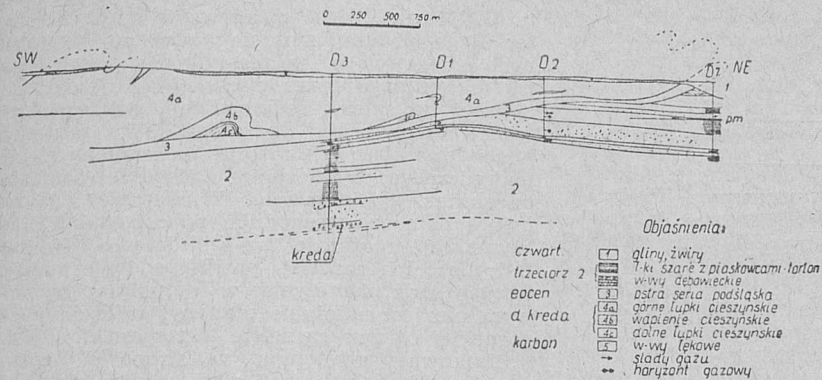


Rys. 1 — Złóż S—S. Przekrój poprzeczny (zest. S. Depowski). 10 — menility z rogowcami, 9 — I łupki zielono-szare, 8 — I łupki pstre, 7 — II łupki zielono-szare, 6 — II łupki pstre, 5 — łupki czarnorzeckie, 4 — p-ce czarnorzeckie, 3 — margle fukoidowe, 2 — łupki pstre godulskie, 1 — dolna kreda.

SZ—B nagromadzenie gazu występuje jedynie na skutek zamknięcia horyzontu porowatego nasunięciem płaszczowiny magurskiej, natomiast w złożu D—S—P nagromadzenie gazu występuje w piaszczystych horyzontach tortońskich zarówno bezpośrednio pod nasunięciem pstrej serii jednostki zewnętrznej, jak i w niższych piaszczystych horyzontach tortońskich, ułożonych antyklinalnie.



Rys. 2 — Złóż R—R. Przekrój poprzeczny (zest. M. Szponarski). 1 — w-wy krośnienskie, 2 — w-wy przejściowe do łupków menilitowych, 3 — łupki menilitowe z rogowcami, 4 — I pstre łupki, 5 — I płask. ciężk. z wkładką pstrych łupków, 6 — II pstre łupki, 7 abc — II, III i IV płask. ciężkowicki, 8 — III pstre łupki, 9 — IV pstre łupki, 10 — łupki czarnorzeckie, 11 — piaskowce czarnorzeckie, 12 — w-wy godulskie, 12a — zlepienieć, 13 — w-wy lgockie.

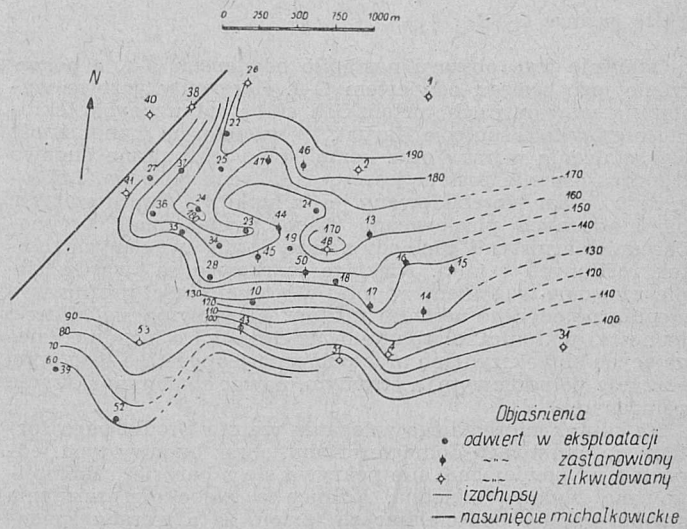


Rys. 5 — Złoże D—S—P. Przekrój poprzeczny (zest. J. Stemulak).

Było to powodem założenia następnych wierceń w tym rejonie i stwierdzenia występowania dwu poziomów gazowych w warstwach tortońskich. W rejonie tym występują wprawdzie szare łupki ilaste silnie węglanowe i piaszkowce na ogół słabo związane. W dolnych łupkach ilastych występuje liczna mikrofauna otwornicowa, przy czym ilość jej wyraźnie maleje w ilach i łupkach zalegających w stropowej części profilu. W spągowej części profilu kilka metrów ponad anhydrytami zaznacza się granica w litologicznym charakterze łupków — niższe są bardziej zwarte, twardsze i na ogół ciemniejsze (rys. 7). Piaszkowce są różnoziarniste, niekiedy nawet zlepniłowate o ziarnie do 3 mm, jednak przeważają piaszkowce drobnoziarniste. Z minerałów ciężkich piaszkowce zawierają granaty, turmaliny, cyrkonie, staurolity i ślady cyjanitu. Wiercenia geologiczne wykazały dużą zmienność miąższości tych piaszkowców. Prócz szarych ilów, łupków ilastych i piaszkowców oraz anhydrytów (należących w spągu warstw tortońskich) są też wkładki tufitowe o miąższości od kilku cm do powyżej metra. Tufity występują w dwu poziomach.

Pod względem budowy geologicznej, jak już wspomniano, złoże to jest związane częściowo (dolny poziom) ze spągową serią warstw tortońskich, zalegających niezgodnie na erozyjnym grzbiecie jurajskiego podłoża, częściowo z wykliniowywaniem piaszkowca porowatego (górny horyzont) w kierunku NWW, to znaczy w kierunku łagodnego wzniesienia warstw (rys. 8). Dolny horyzont gazowy występuje w anhy-

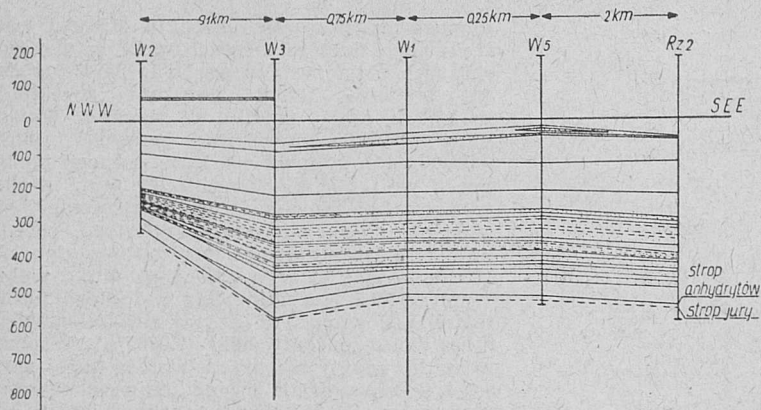
drytach zalegających na kilkumetrowej warstwie ilów dolnotortońskich, oraz w cienkich smugach piaszczystych wśród łupków tuż nad anhydrytami. Drugi horyzont występuje w górnej części profilu, w cienkich wkładkach piaszkowców, wśród szarych łupków ilastych. Początkowe ciśnienie dolnego poziomu z głęb. 692 m wynosiło 47 atm., wolny wypływ 30,5 Nm³/min., czyli ciśnienie było znacznie niższe od hydrostatycznego, początkowe ciśnienie górnego horyzontu z głęb. ok. 190 m — 194 m wynosiło 16,3 atm., wolny wypływ 28,5 Nm³/min. Gaz z dolnego poziomu w porównaniu z innymi złożami zawiera nieco większe ślady helu (0,0755%). Wspomniane horyzonty nie przedstawiają dużej wartości przemysłowej. Zasięg ich oraz ewentualna gazonośność innych piaszkowcowych horyzontów na razie nie zostały zbadane.



Rys. 6 — Złoże M. mapa powierzchni karbonu. (zest. T. Mikucka-Regułow).

Wiek	Nazwa poziomu	Skala	Miąższ	Profil litolog.	Opis	Strefy mikrofaunistyczne wg. Zb. Kirchnera
Trzeciorzęd	górny	100	220-350		(Górna część ilów i piaszkowców-ewent. sarmat)	
					Ilły i ilolupki szare z dużą zawartością węglanów, z b. cienkimi wkładkami p-ców drobnoziarnistych, o maksym miąższości 3m.	uboga z Articulina uboga, mf różnowiekowa
	miocen	300				
torton	środkowy	400			Wgłęb ok. 320m wkładki tufitów do 1m miąższości	
		500	270-450		Łłose piaszkowców wzrasta. Wkładki p-ców gruboziarnistych nawet zlepniłowatych słabo związanych, z dużą zawartością węglanów, łupki grubiej łupliwe	bogata uboga z Anomalina
		600				
jura	dolny	700	20-50 15-20 0-5		Ciemno szare ilły i ilolupki zwarte, ciemniejsze od poprzednich, z b. małą ilością zapaszczeń.	z Quinquetoculina, z Ammadiscus, z Globigerina, z Spiralis bez fauny (gipsowo-anhydr.)
					Anhydritu	
					Ilolupki szare słabo zapaszczone; torton dolny zalega niezgodnie na górnej jurze	z Bulimina
		800			Wapienie	

Rys. 7 — Złoże M—W. Profil litologiczny (zest. Z. Obuchowicz).



Rys. 8 — Korelacja odwiertów T2, W3, W1, W5, Rz2 (zest. Z. Obuchowicz).

Złoże gazowe G—S

Odkrycie tego obszaru nastąpiło odwiertem S-1, a poszerzenie jego zasięgu odwiertem G-1. Horyzonty gazowe występują w warstwach tortońskich silnie zaburzonych tektonicznie przez nasunięcie Karpat. Ze względu na monotoność wykształcenia warstw oraz komplikacje tektoniczne budowa tego obszaru nie została jeszcze całkowicie poznana. Litologicznie obszar ten zbudowany jest z łupków i margli szarych, przegradzanych piaskowcami słabo związanymi, drobnymi i średnioziarnistymi, niekiedy z dużą ilością zwęglonych resztek roślinnych i miki. Niektóre piaskowce są twarde, silnie związane węglanem wapnia. W górnej części profilu występują pojedyncze wkładki tufitów. Zarysowują się tu dwie jednostki tektoniczne: południowa jednostka o łagodnie zalegających obu skrzydłach oraz północna jednostka o łagodnym skrzydle południowym, a stromym, nawet obalonym skrzydle północnym.

Na skutek niezgodnego zalegania warstw środkowego tortonu na warstwach dolnego tortonu, obraz budowy tych jednostek na powierzchni nie pokrywa się z bardziej skomplikowaną budową wglębną. Różnice w głębokości zalegania stropu warstw podścielających torton, a to warstw kredowych i jurajskich, w odwiertach położonych w środkowej części obszaru pozwolą wnieść o istnieniu dyzlokacji podłoża o kierunku NE—SW i obniżonym skrzydle wschodnim. Dyzlokacja ta przebiega najprawdopodobniej również w warstwach tortońskich, gdyż znajduje odbicie nawet w linii brzegu nasuniętych Karpat.

W warstwach tortońskich J. Stemulak dokonał próby wydzielenia trzech stref gazonośnych, jednak podział ten jest jeszcze nie ustalony. Wydzielenie poszczególnych horyzontów jest na razie utrudnione przez brak wyraźnych poziomów korelacyjnych, przy czym najlepszych z nich są warstwy tufitowe.

W obrębie tego złoża występują liczne solanki, część z nich jest bogata w jod. Ze względu na skomplikowaną budowę w obszarze tym nie przewiduje się większych zasobów gazu.

Złoże gazowe D—S—P.

Pole gazowe D—S—P położone jest w obszarze nasuniętych Karpat zachodnich na warstwy tortonu. Obszar gazowy zajmuje powierzchnię ok. 3 km długości i 2 km szerokości.

Stwierdzenie gazonośności piaskowców tortońskich nastąpiło w r. 1907—1908 przy wierceniach poszukiwawczych za węglem kamiennym. W r. 1946, na wniosek K. Tołwińskiego, założono pierwszy odwiert dla stwierdzenia zasobów i ewentualnej eksploatacji gazu. Początkowo ciśnienie na zamkniętej głowicy z II horyzontu wynosiło 30 atm. wolny wypływ 97,5 m³/min. Najwyższe ciśnienie zanotowano w horyzoncie trzecim 40 atm. Wydajność odwiertów waha się w granicach 30—100 m³/min. Największe zasoby stwierdzono w horyzoncie trzecim.

Pod względem budowy geologicznej pole D—S—P przedstawia się jako łagodna antykлина o kierunku WNW-EES, zbudowana z warstw tortońskich. Antykлина jest zbudowana z szarych piaskowców słabo związanych i łupków szarych ilastych silnie węglanowych. Piaskowce są na ogół drobnymi i średnioziarnistymi węglanowymi. Zawierają one miki, amfibole, epidoty oraz mniejszą ilość turmalinu, cyrkonu, staurolitu

(Z. Mazur). Ilość piaskowców i ich charakter ulega szybkiej zmianie nawet na nieznacznych odległościach i to nie tylko na skutek ścienienia tektonicznego przez nasunięcie Karpaty, ale również na skutek sedimentacji, wskazując na soczewkowaty ich charakter. W kierunku wschodnim ilość ich maleje na skutek ścienienia tektonicznego, w kierunku zachodnim zanikają na skutek wyklinowania. W kierunku północnym i północno-wschodnim po osiągnięciu maksymalnej miąższości, w sąsiedztwie odwiertu D-7, ilość ich również prawdopodobnie maleje. Rozwój serii piaszczystej w kierunku południowym nie jest należycie poznany, szczególnie, że górne jej ogniwa są ścięte tektonicznie.

Piaskowce występują w stropowej części warstw tortońskich, pod nimi zalega kompleks szarych łupków o miąższości ok. 300—350, które z kolei zalegają na serii zlepnińcowo-piaskowcowej. Łupki zawierają stosunkowo bogatą mikrofaunę, a to zespół z miliolidae, robulus, ro-talia, zespół z globigerinoides i globigerina i trzeci zespół z orbulina, przy czym zdarzają się wkładki z domieszką mikrofauny kredowej i eoceńskiej występującej na wtórnym złożu. W trzecim zespole występuje prócz tego spiralis (J. Waśniowska).

Zalegająca pod łupkami seria zlepnińcowo-piaskowcowa wypełnia erozyjne zagłębienia powierzchni karbonu.³⁾ Maksymalna miąższość spągowej serii, zwanej piaskowcami dębowieckimi, przekracza 200 m. Na podstawie analogii do obszarów czeskich, niektórzy geolodzy przyjmują dla tej serii wiek helwecki.

Antykлина jest przedzielona na trzy części dwiema dyzlokacjami poprzecznymi, a jej część szczytowa jest ścięta przez nasuniętą jednostkę podślaską (rys. 5). Wynikiem tego jest tektoniczne zamknięcie częściowo ściętych górnych horyzontów porowatych.

Złoże gazowe występuje w piaskowcach górnej części profilu, natomiast dolna seria zlepnińcowo-piaskowcowa jest zawodniona. Solanki występujące w górnej serii piaskowcowej są bogate w jod.

Złoże eoceńskie (Karpaty).

Złoże gazu R—R.

Złoże to zalega w elemencie, który ma skomplikowaną budowę geologiczną.

Profil stratygraficzno-litologiczny tego elementu przedstawia się (wg M. Szponarskiego) następująco: warstwy krosńskie dolne, warstwy przejściowe wykształcone w postaci piaskowców szarych i łupków szarych z wkładkami łupków czarnych (miąższość ich do 150 m), niżej zalegają łupki menilitowe (miąższość — 250 m) z dobrze rozwiniętą spągową partią globigerinową. Następnie pstry eocen (o miąższości 500 m), w którym można wydzielić cztery poziomy piaskowców ciężkowickich, przedzielonych łupkami pstryimi. Pstry eocen zalega na łupkach szarych (miąższości 30—40 m) i piaskowcach (150 m) istebniańskich, które z kolei zalegają na warstwach godulskich. Pod nimi występują łupki szare i piaskowce lgockie.

Element zbudowany jest na powierzchni z warstw krosńskich dolnych i warstw przejściowych, łupków menilitowych oraz wąskiego pasa I pstrych łupków eoceńskich. Zarys budowy przedstawia rys. 2.

Element tworzy fałd leżący, nasunięty na warstwy krosńskie, kąt zapadu płaszczyzny nasunięcia ulega wahaniom od 30° do 60°.

Element przecięty jest dyzlokacją podłużną (stwierdzoną w odwiertach) na dwie części — południową i północną. Oprócz tej dyzlokacji podłużnej istnieją przynajmniej cztery dyzlokacje poprzeczne, wzdłuż których każdy z bloków, począwszy od wschodu ku zachodowi, jest wyniesiony w stosunku do bloku poprzedniego. Dodatkowe zafałdowania południowego skrzydła ostatecznie kompletują budowę elementu.

Dawne prace wiertnicze miały na celu poszukiwanie i eksploatację złoża ropy w warstwach krosńskich zalegających pod usuniętym fałdem R. R. W roku 1950 odwiert R 11,

³⁾ W odwiercie D-3 pod serią dębowiecką w głęb. 1165—1172 m notowano czerwone i ciemnozielone łupki kredowe. Występowanie jednak w sąsiednich odwiertach warstw karbońskich bezpośrednio pod warstwami dębowieckimi podważa znaczenie notowanego stanu. Ewentualnie jedynie w obniżonych częściach powierzchni erozyjnej karbonu zachowały się nieznaczne resztki osadów kredowych.

założony na S od granicy nasunięcia elementu na warstwy krosieńskie nawiercił w I piaskowcu ciężkowickim złożo gawowe.

Złoże gazowe występuje w bloku położonym pomiędzy drugą a trzecią dyzlokacją poprzeczną, w pierwszym piaskowcu ciężkowickim, przedzielonym wkładką łupkową. Wzrost przy- pływ solanki w odwiercie nr 11, w miarę jego eksploatacji, mogły wskazywać, że odwierc ten położony jest w pobliżu konturu wody okalającej. Przedłużenie tego złoża występuje w sąsiednim bloku zachodnim, gdzie odwierc nr 19 odkrył bardzo małe zasoby gazu również w pierwszym piaskowcu ciężkowickim. Ciśnienie początkowe w pierwszym bloku wy- nosiło 40 atm. wolny wypływ 347 m³/min. W drugim bloku ciśnienie początkowe było nieco niższe (37 atm.) a wydajność bardzo niska (7,5 m³/min.). Znaczne obniżenie wydajności pozwala wnioskować, że ku W gazowy horyzont piaskowco- wy zmienia charakter litologiczny. Złoże to ze względu na swoją skomplikowaną budowę nie posiada dużych zasobów gazu.

Złoże gazowe S—R—S.

Szerokość pola wynosi ok. 200—400 m. Odkrycie pola na- stąpiło w r. 1922 odwiertem Kraj 1, w którym przy głębo-kości 1036 m nastąpił wybuch gazu.

Omawiany obszar położony jest w zachodniej części ropo- nośnego fałdu P, nieregularnej antykliny o stromym skrzydle północnym i znacznie łagodniejszym skrzydle południo- wym.

W rejonie S—R eoceńskie warstwy łupkowe są w szczy- towej partii wyciśnięte w formie komina i zafałdowane niezależnie od sztywnego jądra fałdu budowanego z pia- skowców ciężkowickich. Na skutek tego istnieje niezgodność tektoniczna w ułożeniu warstw krosieńskich, łupków meni- litowych i pierwszych pstrych łupków z jednej strony, a ni- żej zalegającymi warstwami z drugiej strony (rys. 3). W kierunku zachodnim na terenie gminy S. ta niezgodność tektoniczna zanika i fałd ma bardziej regularną budowę. Jeszcze dalej ku zachodowi fałd się pograża, co zaznacza się w przebiegu wychodni łupków jasielskich.

Złoże gazowe występuje w drugim piaskowcu ciężkowic- kim. Porowatość jego ulega zmianom, zarówno w pionie jak i wzdłuż warstwowania, przy czym prócz porowatości pier- wotnej wyraźnie zaznacza się porowatość wtórna, a to spę-kania i szczeliny równoległe do osi fałdu. Stwierdzono mia- nowicie, że opory ruchu dla gazu pomiędzy odwiertami po-łożonymi wzdłuż osi fałdu są znacznie mniejsze od oporów pomiędzy odwiertami założonymi w przekroju poprzecz- nym.

Złoże to uskokami poprzecznymi jest podzielone na trzy oddzielne bloki. Początkowe ciśnienie na zamkniętej głowi- cy wynosiło w bloku S—104 atm., w bloku R—114 atm., a w zachodnim bloku So — 128 atm.

Różnice składu węglowodorów fałdu P.

Analizując materiały dotyczące fałdu P, nasuwa się pyta- nie, dlaczego w rejonie S—R—S występuje złożo gawowe, a nie w obszarze kulminacji fałdu w rejonie Tur. — dlaczego w obszarze tektonicznie obniżonym są nagromadzone lekkie węglowodory, a w innych blokach podniesionych występują węglowodory cięższe.

Wyjaśnienie tego stanu można jedynie znaleźć na drodze tektonicznej, a mianowicie, że istniały dwie fazy tektonicz- ne tworzenia fałdu P. W pierwszej fazie tektonicznej ist- niała kulminacja fałdu P w rejonie S—R—S. W kulminacji nastąpiło nagromadzenie lekkich węglowodorów jako czapy gazowej złoża ropno-gazowego. Od strony wschodniej lek- kie węglowodory sąsiadowały ze złożem ropnym, natomiast od strony zachodniej mogły być zamknięte przez: a) wykli- nowanie drugiego piaskowca ciężkowickiego, b) przez szyb- kie pograżenie struktury, c) również w kierunku zachodnim istniało przedłużenie fałdu i lekkie węglowodory sąsiadowały ze złożem ropnym.

W drugiej fazie tektonicznej nastąpiło rozpięcie fałdu po- poprzecznymi dyzlokacjami na poszczególne bloki i oddzielenie czapy gazowej od węglowodorów cięższych. W tej fazie na- stąpiło dofałdowanie i przemieszczenie pionowe poszczegół- nych bloków. W bloku obejmującym dawną „czapę gazową“, ewentualnie wąski pierścień ropny, oddzielający na skrzydle południowym gaz od wody okalającej, mógł na skutek zmia- ny ciśnienia przejść w fazę gazową, czyli cięższe węglowo- dory rozpuściły się w gazie.

Podane tłumaczenie najprościej wyjaśnia obecny stan roz- mieszczenia węglowodorów, gdyż tłumaczenie tego stanu ge- neza węglowodorów, tj. odmiennymi warunkami powstawa- nia ich w zachodniej części, a w pozostałych częściach fałdu, nie ma żadnego uzasadnienia.

Problem jest, czy istnieje zachodnie przedłużenie fałdu i czy w tym ewentualnym przedłużeniu fałdu występuje na- gromadzenie cięższych węglowodorów. Nawiercenie wody okalającej w zachodniej części bloku S — odwiertem S-1 mo- że nasuwać podejrzenie, że i ewentualne dalsze bloki są również zawadnione.³⁾

Stanowisko takie przyjmował w swoich rozważaniach Wł. Zawadzki, dając za przykład złożo Kara-Czuchur na półwy- spie Apszerońskim, gdzie czapa gazowa w kierunku połud- niowo-wschodnim bezpośrednio graniczy z wodą okalającą, a w kierunku północno-zachodnim posiada szeroką strefę roponośną.

Dla wyjaśnienia problemu, czy na zachód od bloku S ist- nieje głęboka forma strukturalna odpowiednia dla nagroma- dzenia ropy lub gazu, konieczne są szczegółowe badania ge- ologiczne z zastosowaniem rowów oraz szczegółowe badania geofizyczne.

Złoże gazowe w Sz—B.

Powierzchnia pola gazowego wynosi ok. 2,5 km². Odkrycie złoża nastąpiło w r. 1939 odwiertem Heddy 1, w którym przy głęb. 610 m nastąpiły silne wybuchy gazu.

Pod względem litologicznym występują w tym obszarze ogniwa płaszczowiny magurskiej oraz śląskiej. W płaszcz- winie magurskiej najstarszy poziom tworzą warstwy inoce- ramowe (kreda) wykształcone (wg M. Swidzińskiego) w po- staci stalowo-szarych, niebieskawych i zielonawych piaskow- ców skorupowych, mikowych, wapnistych z żyłkami kalcy- tu, łupki szare i zielonkawoszare oraz nieliczne wkładki margli fukoidowych. Ku górze seria ta przechodzi w war- stwy mniej wapniste o silniejszym zabarwieniu zielonym. Następnym ogniwem są łupki pstre z wkładką gruboławico- wych piaskowców (dolny eocen). Najwyższe ogniwo płasz- czowiny magurskiej tworzy piaskowiec magurski wykształ- cony jako piaskowiec średnio i gruboławicowy, średnio i dro- bnoziarnisty, jasnoszary.

Złoże gazowe występuje w warstwach płaszczowiny ślą- skiej, a to w piaskowcu ciężkowickim złożonym z dużych ziarn kwarcu (o średnicy do 1 cm), skaleni, okruchów skał zmetamorfizowanych, okruchów wapieni stremberskich. Zle- pieniec przegradzany jest piaskowcami drobniej ziarnistymi i nielicznymi łupkami szarymi. Nummulity oraz inna mi- krofauna wapienna świadczą o jego wieku eoceńskim. W ją- drze fałdu występują łupki szare i piaskowce grubo- i dro- bnoziarniste — są to warstwy istebniańskie (górną kreda). W północnym obalonym skrzydle tego fałdu występują zre- dukowane łupki menilitowe, nasunięte na młodsze warstwy krosieńskie. Omówione złożo jest typu tektonicznego, gdzie zamknięciem dla nagromadzonego gazu jest nasunięcie ma- gurskie. Gaz znajduje się w piaskowcu ciężkowickim jed- nostki śląskiej, prawdopodobnie wschodniego przedłużenia łuski St., która pod nasunięciem magurskim w obszarze pół- wyspu tektonicznego Łuż. uległa potrzaskaniu i przesunięciu ku północy. W wyniku tego pole gazowe jest zamknięte od zachodu uskokiem poprzecznym. Także podobne uskoki prze- biegają na wschód od odwiertów. Zgodnie z opinią J. Hem- pla i St. Wdowiarza fałd ten w kierunku wschodnim ma odpowiednik w południowej łusce jednostki Gor. Budowa tego fałdu przedstawiona jest na przekroju (rys. 4).

Wskaźniki przemysłowe pola są następujące: początkowe ciśnienie złożowe wynosiło 40 atm., a wolny wypływ pojedy- nczego odwiertu w granicach 30—40 m³/min.

Złoże D—B.

We wschodnim przedłużeniu fałdu Bie, w obszarze, gdzie fałd ten obniża się, nawiercono w r. 1950 w głęb. ok. 650—700 m odwiertami D-66 i D-67 horyzont gazowy, w pia- skowcu ciężkowickim. Profil litologiczno-stratygraficzny tych odwiertów według J. Hempla przedstawia się następu- jąco: pstre łupki eaceńskie, piaskowiec ciężkowicki, drugie pstre łupki eoceńskie, szare łupki istebniańskie, piaskowce istebniańskie, płaszczyna tektoniczna, i ponownie łupki eo- czeńskie i piaskowiec ciężkowicki. Gazonym jest piasko- wiec ciężkowicki. Wydajność tego horyzontu jest nieduża, wynosi ok. 20 m³/min na odwierc.

³⁾ Produkcja gazu z odwiertu B' może być wynikiem położenia tego odwiertu w partii szczytowej.

Nawiercenie gazu w strefie obniżenia fałdu Bie stwarza w tym obszarze perspektywy ropne, szczególnie że fałd ten posiada zbliżoną budowę rejonu Bobr., a rozdzielony jest na poszczególne bloki nie tylko uskokiami poprzecznymi, ale i uskokiem podłużnym. Celowe wydaje się szczegółowe skartowanie z zastosowaniem wierceń geologicznych obszaru położonego w sąsiedztwie odwiertów i wschodniego przedłużenia fałdu.

Złoże kredowe (Karpaty)

Złoże S-S.

Złoże gazowe S-S zostało odkryte w r. 1929, produkcję rozpoczęto w r. 1930, początkowe ciśnienie 95 atm.

Fałd zbudowany jest na powierzchni z czerwonych i szarzielonych łupków podwójnie zafałdowanych, przedzielonych wewnętrzną zaklinowaną głęboką synkliną, wypełnioną łupkami menilitowymi (rys. 1). W pstrym ocenie występują nieregularne soczewki piaskowca typu piaskowców ciężkowickich. Pod eocenem zalegają ciemnoszare łupki istebniańskie (czarnorzeckie), a pod nimi kompleks piaskowców, które słabiej są zafałdowane, niż osłaniające je łupki. Piaskowce te przedzielone cienkimi wkładkami szarych łupków zawierają stosunkowo dużo skaleni a także miki. Są one różnoziarniste, z nieznaczna (maksymalnie do kilku %) zawartością węglanów, względnie bezwęglanowe. Porowatość i przepuszczalność podane są w tablicy 3 wskazują, że piaskowce istebniańskie są stosunkowo dobrym zbiornikiem w porównaniu z innymi seriami karpackimi.

Wyklinowanie się wyraźnie horyzontów piaskowcowych zaznacza się w kierunku południowo-wschodnim. Spagowy poziom piaskowców, tzw. piaskowców Suchoj Góry, silnie rozwinięty w dalszych profilach zachodnich (Kombornia), wyklinowuje się w kierunku wschodnim, a seria margli fukoidowych, zgodnie z opinią St. Depowskiego, dochodzi do kontaktu z warstwami godulskimi.

Zmiany litologiczne warstw w tym rejonie podane są na rys. 9.

Złoże to zalega w jednostce tektonicznej T-P-S, która jest fałdem o stromo zalegających warstwach przy powierzchni, a podwójne zafałdowanie w warstwach górnych zanika z głębokością; dlatego piaskowce istebniańskie są tylko nieznacznie zafałdowane. Oś fałdu podnosi się w kierunku NW, przy czym szereg poprzecznych uskoków dzieli go na poszczególne bloki.

Pionowa amplituda niektórych uskoków przekracza 100 m. Najwyżej położonym blokiem gazowym w obrębie złoza jest blok S, zaś blok Ju najniżej.

Zawartość azotu w gazie ze złoza S-S

Gaz z tego złoza zawiera znaczne ilości azotu, przy czym ilość azotu jest specjalnie duża w gazie ze wschodniego bloku. Przyjmując poprawne pobranie gazu do analizy, jak i wykonanie analiz oraz przy założeniu, że warstwy czarnorzeckie są formacją macierzystą gazu, można dopatrywać się przyczyny tego stanu w różnicy środowisk osadzania warstw czarnorzeckich (na wschód i na zachód od południka bloku JU).

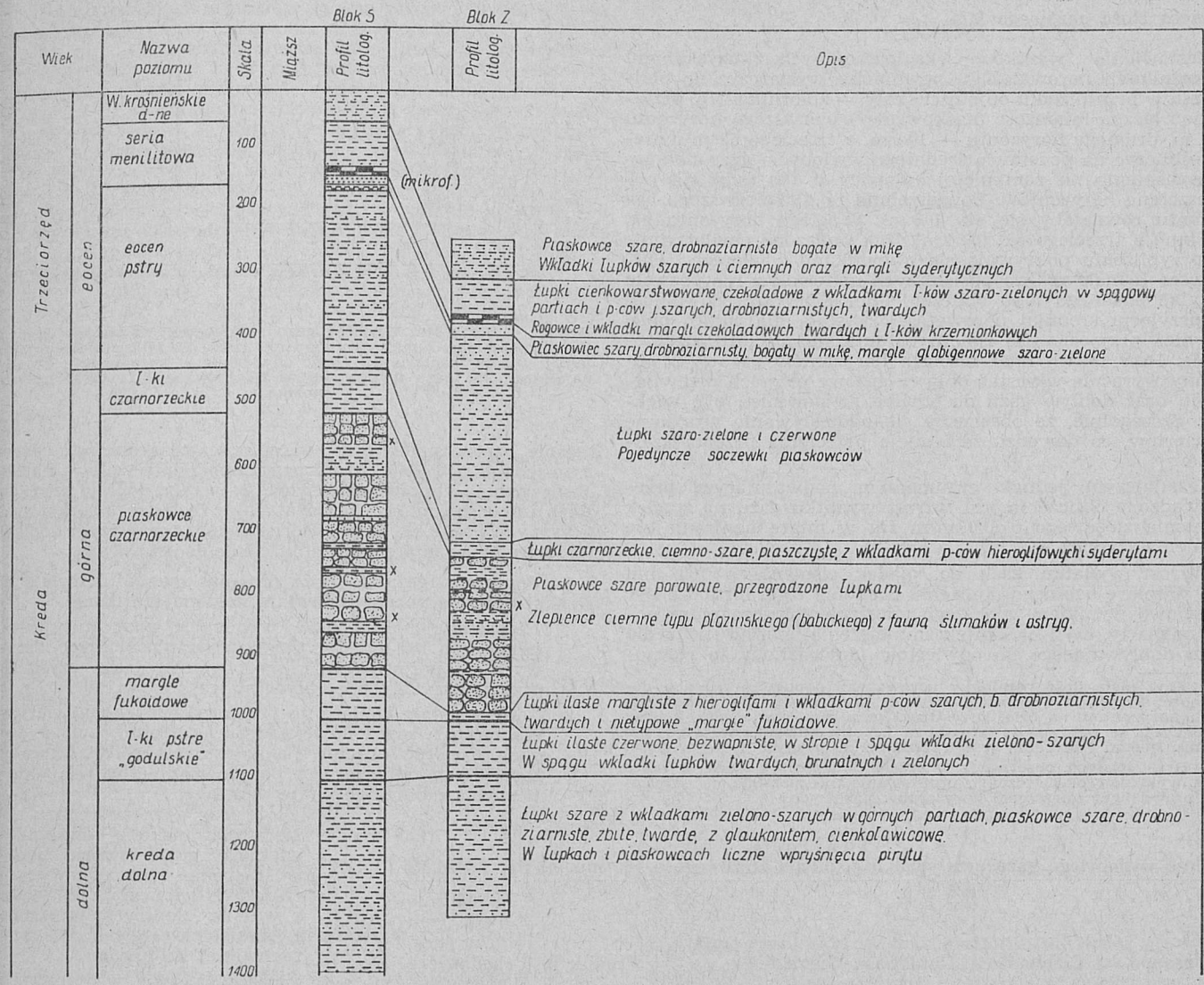
Za tego rodzaju tłumaczeniem przemawiają stwierdzone zmiany fałdalne występujące w obrębie fałdu oraz publikowane wyniki badań zawartości azotu we współczesnych osadach morskich. Według danych M. W. Klonowej, stosunek węgla do azotu C/N w osadach współczesnych mórz otwartych jest na ogół stały (wg P. D. Traska — 8,4, wg T. Gorszkowej 6,5 — 8,0) natomiast dla płytkich mórz zamkniętych stosunek ten ulega dużym wahaniom (do 5,5 — 40,1). Badania P. D. Traska wykazały, że ilość azotu jest zależna od składu mechanicznego osadu, a mianowicie w ilach zawartość azotu jest czterokrotnie wyższa niż w piaskowcach (37:9). Prócz tego stwierdzono, że ilość azotu jest największa w osadach strefy najsilniejszej pionowej cyrkulacji wód, jak to potwierdzają cytowane przez M. W. Klenową wyniki badań osadów na skłonie Morza Śródziemnego, a mianowicie, że zawartość azotu jest największa w osadach z głębokości ok. 70 m.

Porównując powyższe obserwacje ze zmianami litologicznymi, jakie występują na fałdzie P-S nasuwa się wniosek, że warstwy czarnorzeckie osadzały się w warunkach morza zamkniętego (znaczna różnica ilości azotu w osadach), przy czym większa zawartość azotu w bloku wschodnim może być wynikiem zarówno zwiększenia ilości łupków istebniańskich na wschód od południka bloku Ju, jak również, że warstwy te osadzały się w strefie silnej cyrkulacji pionowej wód.

Tego rodzaju tłumaczenie różnic w składzie gazu z poszczególnych bloków pozwala wnioskować, w jakim czasie nagromadziły się gazy w piaskowcach istebniańskich. Jeżeli nagromadzenie nastąpiło przed rozdzieleniem fałdu na poszczególne bloki, to pomimo ewentualnych różnic w składzie gromadzącego się gazu, musiały one ulec wyrównaniu na

Tablica 3. Porowatość i przepuszczalność w niektórych piaskowcach gazonośnych
Wg analiz I. N. Krosno i Lab. Chem. P. G. P. N.

Lp.	Złoże	Nazwa odwiertu	Nazwa horyzontu	Wiek	Głębokość	Porowatość wzgl. w %			Przepuszczalność w mdy równoległe do uławicenia		
						najw.	najn.	śr/il. pom.	najw.	najn.	śr/il. pom.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	S-S	S-5	W-wy czarnorzeckie	g. kreda	856,0	13,0	9,6	11	616	376	—
2	S-S	S-10	I horyzont w-wy czarnorzeckie	„	819,3—820,0	14,0	1,9	7,1/54	19,2	—	—
					852,6—854,4	13,3	10,0	11,7/46	27,0	—	—
					872,4	13,0	8,8	10,5/29	30,0	2,8	19,9/3
3	S-S	Sa-1	I horyzont w-wy czarnorzeckie	„	951,0—953,6	21,0	15,2	17,5/14	125	43,3	84,1/2
					955,5—957,6	18,2	16,6	17,5/7	614	—	—
					972,2—974,6	13,1	5,1	8,4/16	—	—	—
4	S-S	Sa-2	I horyzont w-wy czarnorzeckie	„	1229,2—1232,4	17,3	7,6	10,8/39	77	39	58/2
					1233,1—1235,5	17,9	6,2	12,6/38	26	25	25,5/2
					1237,0—1237,6	16,6	10,9	13,3/12	14	6	10/2
5	Ma	M-52	IV horyzont w-wy brzeźne	karbon	224,0—282,0	13,9	5,7	8, 1/4	—	—	—
6		M-31	IV horyzont w-wy brzeźne	„	282,0—374,0	13,0	4,5	9,2/3	—	—	—
7	D--S-P	D-3	torton	trzeciorzęd.	428,0—608,0	20,2	4,5	10,7/9	—	—	—
		S-2	torton		319,2—530,5	10,0	2,7	6,6/7	—	—	—
8	MW	W-1	torton	„	382,0—606,0	27,7	10,0	19,6/39	6800	186	2106/14



Rys. 9 — Złoże S-S. Profil litologiczny (zest. St. Depowski).

skutek wymieszania się gazu. Stąd wniosek, że nagromadzenie gazu w elemencie T-S nastąpiło po powstaniu depresji poprzecznej, występującej w rejonie Ju, która odzieliła blok Z od bloku S. Dalszym wnioskiem takiego tłumaczenia jest to, że odmienny charakter litologiczny warstw istebniańskich występuje nie tylko w obrębie fałdu, ale i w synklinie zasilającej, a więc, że warunki osadzania były w górnej kredzie inne na wschód, a inne na zachód od południa bloku Ju.

Eventualnego wytłumaczenia różnic w składzie gazu można by dopatrywać się we wzbogaceniu w azot gazu w bloku Zab., na skutek różnic w dyfuzji azotu a węglowodorów. Ponieważ skład skał osłaniających złoże jest we wszystkich blokach zbliżony, tym samym takie tłumaczenie odpada. Równie wątpliwe jest tłumaczenie różnicą dopływu azotu z warstw podścielających złoże. Bardziej prawdopodobna jednak jest hipoteza pierwsza.

Występowanie cięższych węglowodorów w gazie w złożu S, łącznie ze znanymi w Karpatach występowaniami ropy w warstwach czarnorzeckich, w pełni uzasadnia podejrzenie, że w kierunku wschodnim może występować złoże ropne oddzielone tektonicznie od złoża gazowego. Złożenie w przyszłości wiercenia poszukiwawczego w kierunku wschodnim należy uważać za uzasadnione, pomimo niebezpieczeństwa wyklinowania się górnokredowych horyzontów porowatych w tym kierunku. Wiercenie takie prócz wyjaśnienia wartości ropno-gazowej warstw czarnorzeckich mogłoby zbadać warstwy głębsze dolnokredowe.

Często w fałdach karpackich węglona budowa, a szczególnie dyzlokacje podłużne, nie zaznaczają się w ułożeniu warstw na powierzchni. Z tego powodu, pomimo, że budowa fałdu T-S jest stosunkowo dobrze poznana i nie daje

podstaw do podejrzenia drugorzędnych zafałdowań warstw czarnorzeckich lub dyzlokacji podłużnych, to jednak celowe wydaje się rozwiernienie tego fałdu daleko na skrzydle południowym. Szczególnie, że istnieje również możliwość nawiercenia wyklinowującego się piaskowca ciężkowickiego, co stwarza dodatkowe szanse na występowanie złoża ropnego. Odwiert założony na południowym skrzydle fałdu T-S byłby, w wypadku negatywnym, odwiertem pomiarowym dla określenia zmian poziomu wody okalającej.

Złoże karbońskie (Zagłębie Węglowe)

Złoże Ma.

Złoże gazowe w Ma położone w południowo-zachodniej części Zagłębia Węglowego występuje w warstwach górnego karbonu (warstwy siódłowe i brzeźne), które są przykryte niezgodnie zalegającymi warstwami tortonu.

Złoże powyższe typu stratygraficznego, tzn. powstałe na skutek zamknięcia warstw porowatych karbonu przez niezgodnie zalegające warstwy ilaste miocenu (tortonu), występuje w czterech poziomach piaskowcowych, przedzielonych wkładkami łupków szarych. Poszczególne poziomy zawierają zarówno wkładki piaskowców porowatych i przepuszczalnych, jak i zwieźłych nieprzepuszczalnych, prócz tego cienkie wkładki łupków szarych oraz cienkie pokłady węgla. Wspomniane poziomy gazowe udało się wydzielić na podstawie, nieznacznych zresztą, różnic ciśnienia na zamkniętej głowicy. Wydzielenie poszczególnych horyzontów pozwoliło na ustalenie charakteru złoża, mianowicie, że gaz, prawdopodobnie adsorbowany w węglu, stale dopływa do horyzontów, z których jest obecnie eksploatowany. Uzasadnienie tego wniosku jest podane niżej.

Geneza złoża gazowego Ma.

Zestawienie wyników eksploatacyjnych z uzyskanymi wskaźnikami porowatości⁴⁾ powinno wystarczyć do obliczenia w przybliżeniu objętości skały — zbiornika. Np. przyjmując łączną miąższość piaskowców⁵⁾ pierwszego horyzontu 100 m, drugiego horyzontu — 100 m, a trzeciego 50 m możemy obliczyć na podstawie średniego wydobywania gazu na spadek ciśnienia na zamkniętej głowicy o 100 m/m Hg powierzchnię horyzontów. Powierzchnia ta dla pierwszego horyzontu równałaby się ok. 1 km², drugiego horyzontu ok. 0,8 km², a trzeciego ok. 0,3 km². Tak obliczone powierzchnie w przybliżeniu pokrywają się z wynikami z wierceń. Wnikliwsza jednak analiza posiadanych materiałów nie pozwala przyjąć podanego toku obliczeń. Pomijając dużą dowolność w przyjęciu średniej porowatości za stałą dla całego pola, również przyjęcie tak znacznych miąższości budzi zastrzeżenia. Przy takich miąższościach horyzontów gazowych powinny wyraźnie wzrastać objawy gazowe przy ich przewiercaniu oraz dopływ gazu do odwiertów powinien być większy. Szczególnie, że obserwuje się oddziaływanie wzajemne odwiertów, co dowodzi, że istnieje przeciętna przepuszczalność.

Zasadniczym jednak argumentem podważającym przeprowadzone obliczenia jest wzrost wydatku gazu na spadek ciśnienia złożowego o 100 m/m Hg w miarę obniżania się ciśnienia (tablica 4).

Wzrost wydatku gazu na spadek ciśnienia o 100 mm Hg, w miarę ogólnego obniżenia ciśnienia (rys. 10) może być częściowo wynikiem większego udostępnienia złoża przez nowe odwierty, czyli na skutek zmniejszenia oporów ruchu dla gazu dopływającego do odwiertów (dowodziłoby to równo-

⁴⁾ Zbyt mała ilość pomiarów porowatości dopuszcza znaczną dowolność. Przyjęcie z obliczeń średniej porowatości dla poszczególnych horyzontów na całej przestrzeni pola jest mylne, gdyż należy oczekiwać, że porowatość w pobliżu uskoku mičałkowskiego, ma skutek spękań i szczelin, jest wyższa niż w pozostałej części złoża.

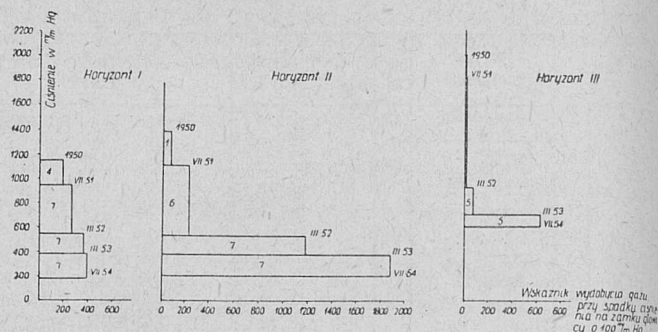
⁵⁾ Brak ścisłych obserwacji w czasie dowiercenia złoża, a także brak wykresów elektrycznego profilowania, nie pozwala na określenie prawdziwej miąższości horyzontów gazowych.

Tablica 4.

Ilość wydobytego gazu przy spadku ciśnienia złożowego o 100 mm sł Hg. Złoże Ma

Data pomiaru	Ciśnienie w mm Hg	Data pomiaru	Ciśnienie w mm Hg	Różnica ciśnień w mm Hg	Produkcja w %	Wskaźnik wydobywania gazu przy spadku ciśnienia na zamkniętej głowicy o 100 mm Hg
1	2	3	4	5	6	7
I horyzont						
1950	1154	51.VII	955	199	3.57%	184.0
51.VII	955	52.III	540	415	10.62	258.2
52.III	540	53.III	392	148	5.27	362.5
53.III	392	54.VII	192	200	7.77	393.0
1950	1154	54.VII	192	962	27.23	292.0
II horyzont						średni wskaźnik
1950	1396	51.VII	1118	278	1.87	65.2
51.VII	1118	52.III	535	583	12.80	221.5
52.III	535	53.III	380	155	18.11	1180.0
53.III	380	54.IV	215	165	30.50	1870.0
1950	1396	54.IV	215	1181	63.28	264.0
III horyzont						
1950	2130	51.VII	1839	291	0.03	1.0*)
51.VII	1839	52.III	919	920	0.48	5.2
52.III	920	53.III	500	420	2.88	69.3
53.III	500	54.IV	402	98	6.10	630.0
1950	2130	54.IV	402	1728	9.49	372.5

U w a g a : *) najniższą ilość gazu wydobytego z III horyzontu przyjęto za jednostkę.



Rys. 10 — Złoże Ma. Wydatek gazu (wydobycie) na spadek 100 mm Hg ciśnienia (na zamkniętej głowicy) (zest. T. Mikucka-Regułowa), VII.51 — data pomiaru, 7 — ilość odwiertów w eksploatacji. Uwaga: najniższą ilość gazu wydobytego z III horyzontu przyjęto za jednostkę.

cznie bardzo małej przepuszczalności piaskowców). Głównym jednak powodem, który prawdopodobnie wpływa na zaobserwowaną zmianę wydobywania jest stały dopływ gazu do złoża (do horyzontów porowatych) z warstw otaczających, a to wyzwala się gaz adsorbowanego, przy czym dopływ ten wzrasta w miarę obniżania ciśnienia złożowego.

Za dopływem gazu do złoża (do piaskowców porowatych) ze skał otaczających przemawiają następujące dane:

- 1) Nieproporcjonalnie duże wydobywanie gazu na spadek ciśnienia o 100 mm Hg przy niższych ciśnieniach złożowych w porównaniu z wydobywaniem, jakie uzyskano przy wyższych ciśnieniach (tablica 4 i rys. 10).
- 2) Złoże powstało dopiero po przykryciu wychodni warstw karbońskich przez ilaste warstwy tortonu, czyli że dopływ gazu do obecnie eksploatowanych piaskowców porowatych odbywał się po głównych ruchach tektonicznych zaburzających te warstwy.
- 3) Złoże leży w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku mičałkowskiego, gdzie istnieje możliwość spękań i szczelin wystarczających dla migracji gazu z warstw głębszych, względnie z warstw przyległych od strony zachodniej do uskoku.
- 4) Złoże występuje w warstwach karbońskich, wśród których są pokłady węgla i te mogą zawierać znaczne ilości metanu adsorbowanego.
- 5) Złoże zalega w warstwach karbońskich, wśród których występują łupki czarne z dużą ilością zwęglonych resztek organicznych, pyłu węglowego, który może adsorbować znaczne ilości gazu.

Odnosnie punktu 4 i 5 należy podkreślić, że gaz adsorbowany zarówno w pokładach węglowych, jak i w pyłach węglowych rozsiągniętych w łupkach, może wydzieląć się w razie zmiany stanu równowagi. Tego rodzaju wydzielanie gazu znane jest w St. Zjedn. w Stanie Wirginia, Kentucky, gdzie rozwiercane łupki górno-devonowskie i dolnokarbońskie (Mississippian) dostarczają dużych ilości gazu, przy czym ciśnienie gazu jest znacznie niższe od hydrostatycznego — produkcja z takich odwiertów jest długotrwała. Zdarzają się wypadki, kiedy przy przewierceniu tych łupków nawet na sucho udarowo, nie występują żadne objawy gazowe, a dopiero po torpedowaniu łupków (przy użyciu żelatyny) następuje wypływ gazu. Torpedowanie w tego rodzaju odwiertach jest powtarzane co kilka miesięcy (J. W. Russel, Striżow i Chodanowicz).

Z przytoczonych powodów można przyjąć hipotezę o stałym zasilaniu złoża Ma gazem ze skał otaczających, czyli zasoby gazu są znacznie wyższe od obliczonych ze średniego spadku ciśnienia. W wyniku takiej hipotezy celowe wydaje się zarówno wykonanie odpowiednich obserwacji i pomiarów w czasie dalszej eksploatacji złoża, jak i przeprowadzenie, łącznie ze służbą geologiczną przemysłu węglowego, konsekwentnych badań celem wyjaśnienia, które pokłady węglowe, ewentualnie łupkowe, zawierają większe ilości metanu absorbowanego. W dalszym etapie należy przeprowadzać próby eksploatacji gazu z tych horyzontów, wykorzystując doświadczenia zagraniczne. Badania tego rodzaju i próby eksploatacji są celowe zarówno ze względu na ewentualne usunięcie metanu z pokładów węgla, a tym samym zwiększenie bezpieczeństwa pracy przy odbudowie górniczej, jak i ze względu na możliwość uzyskania przemysłowych produkcji gazu.

Wytyczne dla poszukiwań złóż gazu.

Wstęp.

Zgodnie z opinią geologów tej miary jak K. Bohdanowicz, I. M. Gubkin i inn. występowanie złóż ropy naftowej i gazu jest zjawiskiem regionalnym. Prowincje geologiczne o odpowiednich warunkach dla powstania i nagromadzenia złóż ropy i gazu zawierają na ogół nagromadzenia węglowodorów o wartości przemysłowej nie w jednym, a w szeregu miejsc.

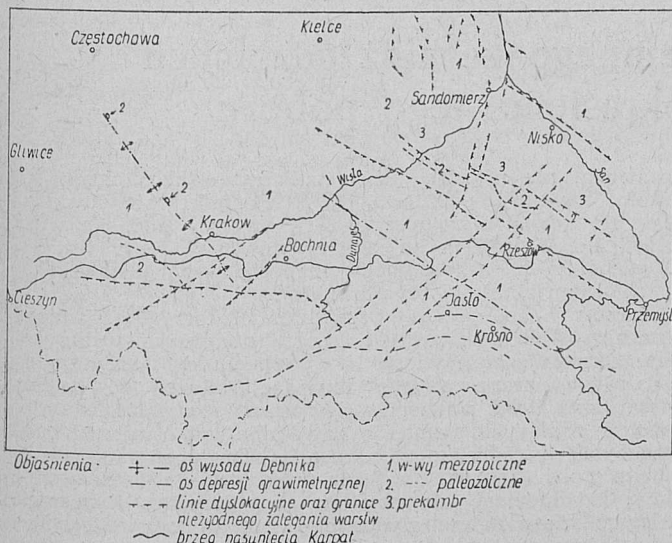
W oparciu o te opinie oraz znane już złoża gazu możemy w Polsce wydzielić prowincje geologiczne i uszeregować je pod względem perspektyw gazowych, a mianowicie: 1) Karpaty, 2) Przedgórze, 3) Zagłębie Węglowe i 4) inne obszary, jak Niecka Łódzka, Wał Kujawsko-Pomorski, obszar północno-wschodni Polski.

Największe zasoby gazu posiadamy obecnie na obszarze Karpat. Obszar ten jest również perspektywny pod względem ropnym. Prace poszukiwawcze na tym obszarze prowadzone są w kierunku odkrycia zarówno złóż ropy jak i gazu. W obszarach wymienionych w punkcie czwartym są zaplanowane prace poszukiwawcze również pod kątem poszukiwań ropno-gazowych.

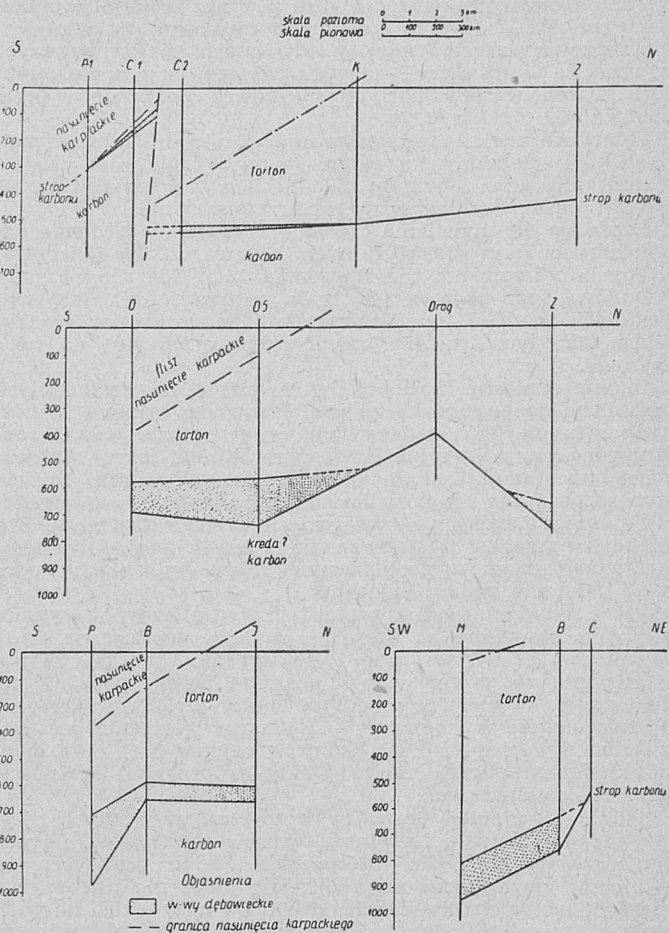
Pozostałe dwa obszary: Przedgórze i Zagłębie Węglowe, są w pierwszym rzędzie perspektywne pod względem gazowym.

Poszukiwania złóż gazu na Przedgórzu.

Nazwą Przedgórze określa się w ogólnych zarysach rejon ograniczony od wschodu granicą państwa, od północno-wschodu linią Lubaczów-Biłgoraj — ujęcie rz. Sanu do rz. Wisły — od północy rzeką Wisłą, od zachodu granicą państwa od Cieszyńska do Wodzisławia. Południowa granica tego obszaru przebiega zgodnie z geologicznym brzegiem nasuniętych Karpat. Ze względu jednak, że utwory budujące wymieniony obszar (warstwy tortońskie) zalegają również



Rys. 11 — Zarys tektoniki podłoża tortonu (na podst. mat. geofizycznych wierceń).



Rys. 12 — Warstwy dębóweckie (zlepińce i piaszkowce). Rejon zachodni.

pod Karpatami, dlatego w rozważaniu na temat poszukiwań włączone pas Karpat, szeroki na kilkanaście km, tzn. obszar, gdzie można oczekiwać pod nasuniętymi warstwami fliszowymi odpowiednich warunków dla nagromadzenia gazu w warstwach tortońskich.

Wymaganymi warunkami dla występowania złóż ropy lub gazu są:

- 1) Występowanie serii ropno-gazowej (ewentualnie formacji ropno-gazowej).
- 2) Występowanie warstw porowatych i przepuszczalnych, odpowiednich dla nagromadzenia ropy i gazu w ilości przemysłowej.
- 3) Występowanie warstw nieprzepuszczalnych, zabezpieczających złoża przed zniszczeniem.
- 4) Występowanie struktur i zamknięć korzystnych dla nagromadzenia ropy czy gazu.

Omówimy teraz, jak one przedstawiają się na terenie Przedgórza.

Występowanie złóż gazu w rejonie S-D-P, G-S, M-W, występowanie bogatych złóż w południowo-wschodnim przedłużeniu obszaru Przedgórza, stwierdzenie w obszarze zalegania warstw tortońskich złóż siarki, których powstanie należy tłumaczyć działaniem węglowodorów na anhidryt (według reakcji: $\text{CaSO}_4 + \text{CH}_4 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$, a następnie $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$), pozwala uważać warstwy tortonu nie tylko za serię gazonośną, tzn. serię, w której występują obecnie nagromadzenia węglowodorów, ale za formację gazonośną, tzn. że są one skałą macierzystą lekkich węglowodorów.

Za tym wnioskiem również przemawia bardzo duża ilość objawów gazowych. Powszechnie występujące objawy na bardzo dużym obszarze wykluczają możliwość nasycenia całej serii tortońskiej gazem pochodzącym z innych serii geologicznych. Szczególnie, że warstwy tortońskie zawierają także bardzo duże ilości części organicznych. Pierwszy więc warunek potrzebny dla występowania złóż gazu istnieje na obszarze Przedgórza. Drugi warunek, a mianowicie występowanie horyzontów porowatych i przepuszczalnych a odpow-

wiednich dla nagromadzenia gazu również istnieje w obszarze Przedgórze, gdyż na podstawie rozważań geologicznych i przeprowadzonych badań w odwiertach poszukiwawczych wynika, że w obszarze Przedgórze występują w wielu punktach wśród warstw ilastych piaskowce porowate i przepuszczalne.

Trzeci warunek — występowanie warstw nieprzepuszczalnych jest spełniony na całym obszarze zalegania osadów tortońskich, gdyż głównym składnikiem tych osadów są iły i łupki ilaste, czyli warstwy nieprzepuszczalne.

Pozostaje do omówienia czwarty warunek — istnienie odpowiednich form strukturalnych lub warunków stratygraficznych potrzebnych dla nagromadzenia złóż ropy i gazu.

Budowa tego obszaru jest mało poznana, gdyż ilość wykonanych wierceń na obszarze Przedgórze Karpat środkowych zakrytych osadami czwartorzędowymi, jest na razie za mała.

Ogólne wnioski można jedynie oprzeć na regionalnych badaniach geofizycznych w powiązaniu z wynikami nielicznych wierceń. Taki rodzaj badań nie pozwala jednak rozstrzygnąć, czy na terenie Przedgórze istnieją formy strukturalne lub warunki dla nagromadzenia złóż gazu. Obecny stan rozpoznania nie pozwala zatem na projektowanie wierceń poszukiwawczych, w ścisłym słowa tego znaczenia. Konieczne natomiast jest założenie wierceń poszukiwawczo-stratygraficznych⁶⁾ i geologicznych celem wyjaśnienia budowy i ustalenia zmian facjalnych.

Prócz wierceń poszukiwawczo-stratygraficznych i geologicznych konieczne są szerokie badania geofizyczne, a to sejsmiczne, grawimetryczne i elektryczne. Uważam, że poszukiwania za gazem w tym obszarze należy podzielić na dwa etapy. W pierwszym etapie należy wykonać wiercenia poszukiwawcze w rejonie P — Biel. trzy wiercenia poszukiwawcze w rejonie S-D-P, jedno w rejonie S-G oraz dziewięć wierceń poszukiwawczo-stratygraficznych i szesnaście wierceń geologicznych.

Zadaniem wierceń poszukiwawczo-stratygraficznych jest wyjaśnienie rozwoju facjalnego warstw tortońskich. Są one równocześnie bazą dla interpretacji badań geofizycznych. Wiercenia geologiczne mają określić położenie płaszczyzny niezgodnego zalegania warstw środkowo-tortońskich na warstwach starszego tortonu. Równocześnie z projektowanymi wierceniami nieodzowne są badania geofizyczne, a to minimum rocznie:

3 grupy sejsmiczne, 1 grawimetryczna, 1 elektrooporowa.

Szczegółowe badania geofizyczne powinny być wykonane w sąsiedztwie projektowanych wierceń, a następnie na całym obszarze Przedgórze. W drugim etapie poszukiwań, tzn.

⁶⁾ Wiercenia poszukiwawczo-stratygraficzne są to pierwsze odwierty dla ustalenia stratygrafii i litografii warstw wiercone z 100% rdzeniemowaniem. W warunkach Przedgórze jedynie z częściowym rdzeniemowaniem.

Prof. inż. ZDZISŁAW WILK

Dopuszczalny pobór gazu ziemnego ze złóż gazowych oraz kryteria i sposoby określenia tego poboru

I. Konieczność ograniczenia wydobycia.

Gdyby „zbiornik gazowy podziemny”, jak to się często nazywa złoża gazu ziemnego, był zbiornikiem w znaczeniu nadziemnym, np. walczykiem z blachy stalowej wypełnionym tylko gazem, wówczas zagrożenie dopuszczalnego poboru nie istniałoby zupełnie. Gospodarz takiego zbiornika mógłby pobierać z niego dowolną ilość gazu w czasie dowolnym i z dowolną szybkością przepływu w gazu w całym zbiorniku. Niestety złoża gazu ziemnego odbiegają daleko od takiego zbiornika idealnego. Nasz „zbiornik” wypełniony jest masą porowatą, która oprócz fazy gazowej zawiera często tzw. wodę związaną, kondensaty, a ponadto istnieją w nim nieraz olbrzymie partie wypełnione tylko wodą (niezwiązaną) zalegającą u spągu złoża i na jego konturze. Nasza znajomość struktury złoża ogranicza się — ściśle biorąc — do samego odwiertu i najbliższych partii przyodwiertowych i mało możemy powiedzieć o fizycznych własnościach całego złoża, a w szczególności o jego porowatości i przepuszczalności, zmieniającej się w bardzo szerokich

po wykonaniu projektowanych wierceń i części badań geofizycznych będzie można przystąpić do wierceń poszukiwawczych w ścisłym tego słowa znaczeniu, tzn. znając zarysy struktur oraz zmiany facjalne warstw tortońskich przystąpić do poszukiwań złóż gazu.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że wiercenia poszukiwawczo-stratygraficzne równocześnie wyjaśnią budowę warstw starszych, w których mogą występować przemysłowe złoża ropy. W pierwszym rzędzie skała-zbiornikiem złóż ropy w tym obszarze mogą być dolomity dewońskie i piaskowce mezozoiczne, prócz tego istnieją duże możliwości występowania złóż na kontakcie niezgodnie zalegających serii geologicznych, jak np. na kontakcie zalegania triasu, jury, a także nawet i kredy. Pod względem możliwości występowania złóż ropnych najbardziej perspektywne na terenie Przedgórze jest w szerokim ujęciu rejon Z., następnie przykryta warstwami tortońskimi strefa kontaktu warstw mezo-paleozoicznych z warstwami prekambryjskimi.

Zagłębie Węglowe.

Na wspomnianym obszarze należy w najbliższym okresie prowadzić w dwu kierunkach badania przygotowawcze dla przyszłych poszukiwań wiertniczych, a to w kierunku:

- 1) ustalenia pokładów węglowych i poziomów łupkowych, które zawierają metan adsorbowany,
- 2) ustalenia w serii karbonu produktywnego wkładek osadów morskich (16 poziomów z fauną morską w grupie brzeżnej wg J. Samsonowicza) oraz ich tekstury i struktury, a to celem ewentualnego ustalenia kierunku, w którym można by oczekiwać równowiekowych osadów morskich.

Oba wymienione zagadnienia są ważne dla przyszłych poszukiwań wiertniczych.

Literatura

- J. Hempel — Nowy obszar gazowy w Bieśniku-Szałowej k. Gorlic „Nafta” Nr 3, 1948.
 M. W. Klenowa — Geologija moria. Moskwa 1948.
 Zb. Obuchowicz — Kopalnie nafty i gazów ziemnych w Polsce. Roztoki — Sądkowa. Kraków 1946.
 M. Książkiewicz, J. Samsonowicz — Zarys Geologii Polski. Warszawa 1952. Geologia regionalna Polski. I. t. Kraków 1951.
 W. L. Russell — Principles of Petroleum Geology. New York 1951.
 H. Swidziński — Gazy ziemne w Bieśniku Koło Gorlic. „Nafta” Nr 5, 1946.
 B. Swiderski — Z zagadnień tektoniki Karpat północnych, Warszawa, 1952.
 I. J. Striżow i I. J. Chodanowicz — Dobyca Gazu. Moskwa 1946.
 St. Wdowiarsz — Referat w C.U.G. 1954.
 Z. Wilk — Gaz ziemny. Katowice 1952.
 W. Zawadzki — O zasadach eksploatacji i eksploatacji złoża roztockiego. Kop. Naft. w Polsce 1938 r., Krosno 1946.

granicach, nie mówiąc już o takich niespodziankach jak uskoki, kawerny, pęknięcia itp. Niejednokrotnie dowiadujemy się o tych nieregularnościach budowy złoża po wielu latach eksploatacji, a najczęściej wówczas, kiedy jest już za późno na to, aby zapobiec niepożądanym, a nawet katastrofalnym skutkom tej niewiedzy.

Obawiamy się przede wszystkim niekorzystnej zmiany struktury złoża i zawodnienia partii nasyconych tylko gazem. Zawodnienie odwiertu eksploatacyjnego jest najczęściej równoznaczne z jego likwidacją. Jeżeli to nastąpi w większej ilości odwiertów, wówczas gaz zostanie uwięziony w enklawach pomiędzy zawodnionymi otworami i dla wydobycia go należałoby odwiertować nowe otwory na tym samym polu gazowym, a jeżeli to ostatnie znowu zawodnimy, to dojdziemy do absurdu gospodarczego i wreszcie uniemożliwimy dalsze wydobycie gazu w zupełności. Ten tak groźny napływ wody do odwiertów eksploatujących ułatwiony jest w złożach, które są spękane lub posiadają niekorzystnie usytuowane uskoki, od samego początku eks-

ploatacji. Niezależnie od tego możemy przez pobór nadmiernych ilości gazu spowodować jego przepływ po drogach najmniejszego oporu, co w piaskowcach o nierównomiernej strukturze — a taką jest ona prawie zawsze — jest bardzo łatwe, a prze to zapoczątkować ów groźny napływ wody okalającej w sposób nierównomierny i bezplanowy. Oczywiście, w złożach spękanych możliwość takiego niepożądanego „drenażu” jest znacznie łatwiejsza.

Istnieje zatem ponad wszelką wątpliwość konieczność ograniczania dopuszczalnych poborów, a wieloletnia praktyka w skali światowej wskazuje na to, że te złoża gazowe, które były eksploatowane dziko, a więc tam gdzie kierowano się tylko zapotrzebowaniem gazu bez względu na to co się dzieje w złożu, wkrótce nastąpiło częściowe lub całkowite zawodnienie, a zatem wydobywanie gazu spadło do zera z olbrzymią szkodą dla gospodarki narodowej. Regeneracja zawodnionego złoża jest sprawą trudną i nie ma żadnych powodów, aby dopuścić aż do takiej ostateczności.

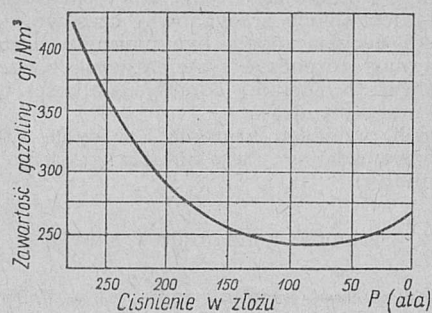
II. Podział złóż czysto gazowych.

W referacie tym zajmijmy się złożami czysto gazowymi, a więc takimi, w których obok gazu nie występuje ropa. Złoża ropne zawierają z reguły także i gaz ziemny, jednak kierujemy się przy ich eksploatacji zasadami obowiązującymi dla wydobywania ropy, względnie ropy i gazu, a te są odmienne od zasad eksploatacji złóż czysto gazowych. Otóż złoża gazowe dzielimy na bezgazolinowe i gazolinowe, a te ostatnie na kondensacyjne i niekondensacyjne. Wszystkie złoża gazowe zawierają oprócz gazu, względnie gazu i gazoliny, większe lub mniejsze ilości wody. Wodę występującą w porach piaskowca nasyconego gazem nazywamy „związaną”, dla odróżnienia od wody występującej poza właściwym złożem gazu, a więc u spągu lub poza konturem złoża gazowego, zwaną wodą okalającą lub podścielającą. Widzimy zatem, że gaz wypływający ze złoża musi zawierać wodę w postaci pary, lub w fazie ciekłej. Gaz ziemny bez względu na zawartość gazoliny może być „suchy”, jeżeli zawiera znikome ilości wody (pary wodnej), albo „mokry”, jeżeli zawiera większą ilość wody, bez względu na to czy jest ona w fazie gazowej (para) lub ciekłej. Nomenklaturę stosowaną za granicą, określającą gaz gazolinowy jako „mokry” (wet gas), zaś gaz bezgazolinowy (odgazolinowany, jałowy) jako „suchy” (dry gas), należy odrzucić jako niesłuszną i wprowadzającą pomieszanie pojęć oraz niejasność.

Złoża „kondensacyjne” należy poddać szczególnie bacznej obserwacji, a przede wszystkim sklasyfikować je bezbłędnie, ponieważ właściwa klasyfikacja pociąga za sobą bardzo daleko idące skutki natury gospodarczej. Złoża te zawierają oprócz cięższych węglowodorów w fazie gazowej także kondensaty tych węglowodorów. Jeśli zmniejszymy ciśnienie na tych złożach, wówczas nie tylko nie nastąpi odparowanie, tj. przejście pewnych węglowodorów z fazy ciekłej do parowej, lecz może mieć miejsce wykroplenie, czyli przejście niektórych węglowodorów z fazy gazowej (parowej) do ciekłej, czyli tzw. wsteczna kondensacja (retrograde condensation) i na odwrót, przy zwiększaniu ciśnienia występuje niekiedy wtórne odparowanie (retrograde vaporisation). Zjawiska te zachodzą w rejonach wysokich ciśnień, a więc w takich, jakie istnieją w złożach gazowych bardzo często.

III. Stuprocentowe ograniczenie poboru gazu — dopuszczalny pobór wynosi zero procent zasobów.

Zacniemy od tego skrajnego wypadku, jaki może mieć miejsce w złożach gazu ziemnego gazolinowo-kondensacyjnych. Rys. 1 przedstawia typową krzywą kondensacji wstecznej dla pewnego złoża. Z wykresu odczytujemy, że np. przy zmniejszeniu ciśnienia z 225 do 100 atm. zawartość C_{4+} (butanów i cięższych) spada w fazie gazowej z 320 do 235 gramów czyli o 85 g na 1 Nm³, która to ilość gazoliny musi przejść do fazy ciekłej. Jeżeli ta kondensacja nastąpi w samym złożu, to przy dalszym zmniejszeniu ciśnienia w miarę postępu eksploatacji, mogą pozostać w złożu olbrzymie ilości gazoliny uwieszonej tam tak długo, dopóki nie nastąpi odpowiednie zwiększenie ciśnienia. Ponieważ w dotychczasowym systemie eksploatacji pól gazowych ciśnienie stale spadało aż do wyczerpania złoża, przeto, o ile były to złoża kondensatowe, pozostawiono w nich olbrzymie ilości gazoliny. Widzimy z tego, jak doniosłym zagadnieniem jest zbadanie każdego złoża i odpowiednie sklasyfikowanie go na kondensacyjne lub niekondensacyjne. To nader cie-



Rys. 1

kawe zjawisko kondensacji wstecznej, względnie wstecznego odparowania, zauważył po raz pierwszy Cailliet w r. 1880, zaś Kuenen w 1892 zbadał je, nadając mu nazwę „retrograde condensation”. Zatrzymany się nieco przy tym zagadnieniu ponieważ u nas na ogół za mało interesowano się nim w sposób, który by gwarantował, że nie popełniamy poważniejszych błędów przy eksploatacji naszych złóż gazowych. Na wstępie musimy bliżej określić owe kondensaty. Otóż węglowodory szeregu parafinowego wchodzące głównie w skład naszych gazów ziemnych zbudowane według formuły „brutto” C_nH_{2n+2} , wykroplone (bez względu na to w jaki sposób) nazywamy gazoliną surową. Do niedawna najliczniejszym składnikiem gazoliny surowej był praktycznie butan (C_4), obecnie zaś produkcja gazoliny zdążyła w tym kierunku, aby zawierała ona także propan, a nawet niekiedy etan, czyli że gazoliną surową nazywamy węglowodory alifatyczne w stanie ciekłym od etanu do oktanu włącznie. W złożu gazowym istnieć mogą wszystkie frakcje od metanu do oktanu (a niekiedy i cięższe) w różnych stosunkach, częściowo w fazie gazowej, a częściowo w ciekłej. Przez obniżenie ciśnienia w czasie eksploatacji może nastąpić dodatkowe wykroplenie, zwiększając w ten sposób ilość kondensatów w złożu.

Najogólniejszym zatem wskazaniem dla eksploatacji pól kondensatowych będzie niedopuszczenie do spadku ciśnienia, a to w tym celu, aby jak największa ilość gazoliny (C_{2+}) utrzymała się w fazie gazowej i przedostała się ze złoża przez zasuwę na głowicy odwiertu do separatora wraz z „nośnikiem”, którym jest z reguły metan niekiedy z dodatkami azotu, jak to ma miejsce w jednym z ostatnio nawierconych naszych złóż. Takie prowadzenie eksploatacji może jednak niekiedy kolidować z pewnymi założeniami gospodarczymi, albowiem wprawdzie uzyskamy pewną ilość gazoliny przez odgazolinowanie tak wydobytego gazu w gazolinarni na powierzchni ziemi, wszelako tak długo, jak ciśnienie w złożu utrzymamy niezmiennie, nie będziemy mogli żadnych ilości gazu oddać do użytku poza kopalnię, ponieważ całą ilość gazu odgazolinowanego będziemy musieli z powrotem wtłaczać do złoża przez tzw. otwór zasilający (OZ). Ten gaz jałowy nasyci się w złożu z powrotem gazoliną i całkowicie w fazie gazowej znowu zostanie odebrany przez otwory eksploatacyjne, odgazolinowany, następnie z powrotem wtłoczony itd. w sposób ciągły. Jest to tzw. „krażenie” (cycling). W ten sposób strefa gazu jałowego w otoczeniu odwiertów zasilających stale się rozszerza, a równocześnie maleje zawartość gazoliny w dalszych partiach strefy gazolinowej. Kalkulacja gospodarcza wskaże nam, kiedy należy zaprzestać krażenia, czyli zdecydować się na zaprzestanie podtrzymywania ciśnienia w złożu. To ostatnie zacznie wówczas spadać i gaz po odgazolinowaniu będziemy mogli oddawać już do użytku poza kopalnię (złożem), równocześnie jednak musimy sobie zdać sprawę z tego, jaką ilość gazoliny pozostawimy w złożu wykroplona na skutek kondensacji wstecznej. Okres następujący po krażeniu trwać będzie aż ciśnienia na głowicach odwiertów okażą się niewystarczające do podtrzymania transportu gazu odgazolinowanego. Wówczas rozpocznie się trzeci okres — eksploatacji kompresorowej, tzn. gaz będzie się przetłaczał na dalsze odległości kompresorami, co oczywiście zwiększy koszty ruchu. W końcu może nastąpić czwarty i ostatni okres planowego zawodnienia kopalni celem wydobywania resztek gazu i ewentualnie kondensatów. Konieczne jest zatem przeprowadzenie badań naszych kopalń gazu, sklasyfikowanie ich na niekondensacyjne i kondensacyjne oraz zdecydowanie się ewentualnie na zastosowanie krażenia dla

tych ostatnich, pamiętając o tym, że w tym wypadku trzeba będzie na takich polach zrezygnować czasowo z poboru gazu. Aby taka decyzja mogła być powzięta bezbłędnie, należy natychmiast rozpocząć systematyczne badania naszych złóż, pamiętając o wielkiej odpowiedzialności tych, którzy te badania przeprowadzają.

Dla kontroli przebiegu krążenia i w ogóle odgazolinowania gazu wprowadzimy wykładnik kondensatowy (gazolinowy).

$$WK = \frac{K}{V} \text{ gramów kondensatu/1 Nm}^3 \text{ gazu} \quad (1)$$

gdzie K oznacza ilość gazoliny zawartej w $V \text{ Nm}^3$ wydobytego gazu. Z wykresu dla K będziemy mogli się łatwo zorientować co do przebiegu odgazolinowania złoża i powziąć odpowiednie wnioski, posilując się mapą frontu gazu jałowego w złożu (rys. 2). Na podstawie analiz gazu pobieranego z poszczególnych odwiertów eksploatacyjnych wykreślamy w okresach półrocznych lub rocznych przybliżone linie frontu. Znając przebieg konturu złoża, jego średnią miąższość, ilość gazu i ostatnią linię frontu oraz zawartość gazoliny w gazie i kondensatu w tej strefie, będziemy mogli zdecydować, kiedy należy zakończyć okres nieodbierania gazu jałowego dla celów użytkowych czyli zakończyć krążenie.

IV. Zasoby gazu ziemnego.

Ilości dozwolonego poboru gazu są ściśle związane z jego zasobami w złożu, względnie znajomości tych zasobów pozwoli nam na lepsze zorientowanie się, gdy będziemy ustalać pobór dozwolony.

Zasobem geologicznym lub całkowitym (ZG) nazwiemy całą ilość gazu zawartą w złożu przed rozpoczęciem eksploatacji. Zasób przemysłowy (ZP) jest to ta ilość gazu, jaką możemy wydobyć każdorazowo, przy zastosowaniu aktualnych metod eksploatacji.

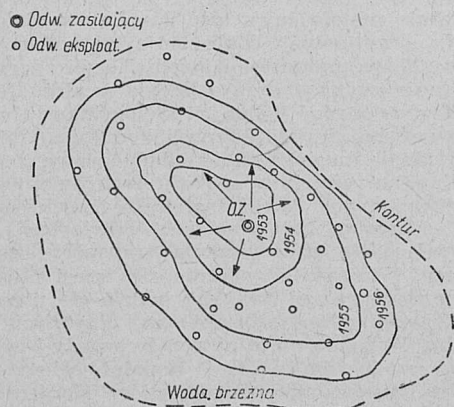
$$ZP = e \cdot ZG \text{ Nm}^3 \quad (2)$$

gdzie (e) jest to współczynnik eksploatacyjny, zmienny i zależny od czasu i metod eksploatacji, jak również od końcowego ciśnienia w złożu opuszczonego, czyli od tzw. ciśnienia likwidacyjnego.

Spośród wielu metod obliczania zasobów geologicznych gazu najbardziej racjonalną zdaje się być metoda oparta na fizycznych własnościach złoża i gazu, którą można by nazwać metodą pojemnościowo-porowatościową, według Stephensa i Spencera, a mianowicie

$$ZG = 43560 \cdot F \cdot m \cdot p \left(\frac{460 + 60}{460 + T} \right) \left[\left(\frac{P_p}{14,4} \right) \left(1 + \frac{O_p}{100} \right) - \left(\frac{P_k}{14,4} \right) \left(1 + \frac{O_k}{100} \right) \right] \left[\frac{\text{st} \cdot p^3}{60,14,4} \right] \quad (3)$$

gdzie F = powierzchnia złoża (akry),
 m = miąższość złoża średnia (stopy),
 p = porowatość, jako ułamek dziesiętny iloczynu $m \cdot F$,
 T = średnia temperatura złoża ($^{\circ}\text{Rankina}$),
 P_p = ciśnienie pierwotne złoża (przed rozp. ekspl.) (funty/cal 2),



Rys. 2

P_k = ciśnienie końcowe złoża (likwidacyjne)

Q_p = współczynnik odchylenia od prawa Boyla dla ciś. P_p ,

Q_k = dtto dla P_k .

Współczynniki 0 są odwrotnością współczynników ściśłości dla gazów rzeczywistych (z), podanych dla metanu i cięższych (Z. Wilk „Gaz ziemny“).

Znacznie prostszą jest metoda ciśnieniowo-objętościowa, pozwalająca na obliczenie zasobów przemysłowych pozostających każdorazowo w złożu, gdy uprzednio wydobyto z niego $V \text{ Nm}^3$ gazu, licząc od początku eksploatacji a średnie ciśnienie pierwotne P_p spadło i w chwili pomiaru wynosi P_r według wzoru

$$ZP = V \cdot \frac{P_r \cdot O_r - P_k \cdot O_k}{P_p \cdot O_p - P_r \cdot O_r} \text{ Nm}^3 \quad (4)$$

W praktyce posłużymy się tym równaniem w ten sposób, że wartości liczbowe P_r oraz V obliczymy dla każdego odwiertu eksploatacyjnego danego złoża, o ile możliwości w krótkich odstępach czasu i otrzymane w ten sposób wartości dodamy. Będzie to przybliżony zasób przemysłowy, ponieważ nie możemy równocześnie mierzyć poszczególnych wartości ZP_1 , ZP_2 itd. dla każdego odwiertu, albowiem spowodowałoby to zamieszanie w ruchu, o ile w ogóle zdobylibyśmy się na odpowiednią ilość przyrządów pomiarowych i doświadczonych pomiarowców.

Metoda ta ma dwie ważne zalety. Przede wszystkim jest ona samosprawdzalna, ponieważ o ile pomiary zostały wykonane dokładnie, zgodzić się muszą każdorazowo wartości V oraz ZP , jako że V liczymy zawsze od początku eksploatacji, zaś ZP pozostaje w złożu. Ponadto we wzorze (4) nie ma żadnych niepewnych współczynników takich, jak porowatość, miąższość i in.

Metoda szybkościowo-ciśnieniowa zasadza się na krótkotrwałym pomiarze wzrostu ciśnień głowicowych na poszczególnych odwiertach eksploatacyjnych. W miarę szczypania gazu ze złoża, wzrost ciśnienia na głowicy po zamknięciu zasuwy głowicowej jest coraz to powolniejszy. Ten pomiar wzrostu ciśnienia głowicowego trwa kilka do kilkunastu minut zaledwie, aby nie wyłączać na dłuższy okres czasu odwiertu z produkcji i nie musi być doprowadzany aż do stabilizacji ciśnienia, lecz zawsze powinien być wykonywany przez przeciąg tego samego czasu. Jeżeli średni wzrost ciśnienia głowicowego na początku okresu eksploatacyjnego (wzrost pierwotny) wynosił $\Delta P_p \text{ atm/1 minutę}$, a po wydobyciu z danego odwiertu $V_1 \text{ Nm}^3$ wzrost ciśnienia wynosi $\Delta P_1 \text{ atm/min}$, wówczas pozostały w złożu zapas przemysłowy dający się wydobyć z danego odwiertu obliczymy z relacji

$$ZP = V_1 \cdot \frac{\Delta P_p}{\Delta P_p - \Delta P_1} \text{ Nm}^3 \quad (5)$$

Zarówno wzór powyższy, jak i nr (4) ważne są dla wartości V , względnie V_1 , różnych od zera. Obliczenie zasobów przemysłowych całego złoża będzie tym bliższe prawdy, im krótsze będą odstępy czasu między pomiarami wykonanymi na poszczególnych odwiertach złoża oraz im dokładniejsze będą same pomiary. Metoda powyższa ma również tę cenną właściwość, że pomiary w różnych okresach eksploatacyjnych są „samokontrolne“. Jeżeli bowiem poszczególne wartości V_1 , V_2 , ..., V_n zgadzają się z odpowiednimi wartościami ZP_1 , ZP_2 , ..., ZP_n , to trudno sobie wyobrazić metodę lepszą, prostszą i szybszą. Należałoby jak najspieszniej przeprowadzić u nas sumienne badania dla sprawdzenia przydatności wyżej podanych metod. Odnosnie metody ostatniej obawiam się trudności, a to dlatego że nie będziemy nigdy znali dokładnie stanu strefy przyodwiertowej, zwłaszcza wówczas, gdy otwór eksploatacyjny jest zarurowany do dna, zacementowany i przestrzelony. W każdym razie, nie we wszystkich wypadkach wzrost ciśnienia głowicowego po zamknięciu zaworu na głowicy będzie li tylko funkcją średniego ciśnienia złożowego, a więc i pozostałych w złożu zasobów przemysłowych. Prawdopodobnie przy dużych objętościach złoża i wysokich ciśnieniach, częściowe przetrwanie pór w strefie przyodwiertowej nie wpłynie znacznie na przyrost ciśnienia głowicowego, czyli że w tych wypadkach pomiar będzie dość dokładny.

Podkreślić należy, że wzory (4) oraz (5) powinny dać takie wartości, z których można by wyciągnąć ewentualnie wnioski odnośnie prawidłowo prowadzonej eksploatacji. Jeżeli bowiem pomiary wykonano dokładnie, strefa przyodwiertowania jest czysta, a otrzymane wartości ZP nie zgadzają się z poprzednimi (po uwzględnieniu odebranych ilości gazu V), to łącznie z pomiarami wydobywania potencjalnego możemy się zorientować, czy eksploatujemy prawidłowo, czy też pobieramy nadmierne ilości i zdążamy do destrukcji złoża. Tylko liczne i dokładne pomiary mogą potwierdzić przydatność powyższych metod i rozumowań.

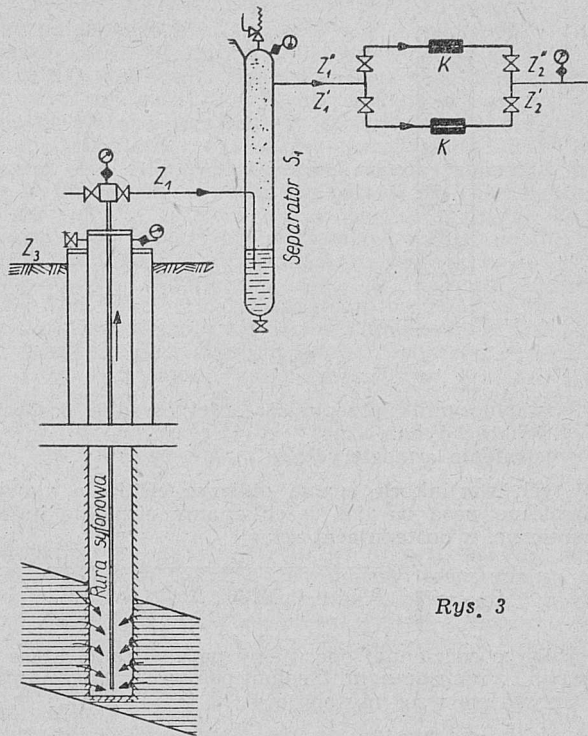
V. Odwiert gazowy eksploatacyjny.

Dla ułatwienia wzajemnego zrozumienia się i usunięcia naleciałości oraz niejasności poświęcimy kilka wierszy dla sprecyzowania najważniejszych definicji oraz oznaczeń. Jakkolwiek przeważnie są to rzeczy znane, konieczność taka istnieje choćby dlatego, aby ująć pewne podstawowe wiadomości w jedną całość. W pierwszym rzędzie na podstawie rysunku 3 porozumiemy się, co do samego odwiertu eksploatacyjnego. Do starszego typu należą odwierty bez rur syfonowych, względnie z rurami syfonowymi używanymi tylko okresowo do czyszczenia dna, a rury okładzinowe są zacementowane u stropu złoża gazonośnego. Obecnie coraz częściej zapuszcza się rury okładzinowe aż do dna, cementuje, a następnie perforuje na długości odpowiadającej miąższości złoża. Rury syfonowe powinny być zapuszczone aż do dna każdego odwiertu i według autora używane stale do wydobywania gazu wraz z płynem złożowym i ew. cząstkami złoża. Na rys. 3 pominięto drugi separator, który powinien być umieszczony za zasuwaniami Z₂. Według projektu autora zasuwa Z₃ powinna być stale zamknięta, natomiast zasuwa Z₁ stale otwarta, a zatem w separatorze S₁ powinno panować pełne ciśnienie głowicowe np. w naszych niektórych odwiertach około 100 atmosfer. Wówczas w separatorze S₁ oprócz nieznacznej ilości kondensatów jakie ewentualnie mogą się tam wydzielić na skutek różnicy temperatury, cała ilość płynu złożowego, a więc kondensatów złożowych i wody oraz porwane cząstki złoża powinna się wydzielić mechanicznie w sposób ciągły. Zwiększy na przepływ krytyczny K służy do ograniczenia poboru gazu według ustalonej (dopuszczalnej) normy, przy czym oczywiście powodują one pewien spadek ciśnienia. Dalsze ewentualne dławienie zaworami Z₂ ma na celu uregulować ciśnienie tak, jak tego wymagają warunki transportu gazu, np. do 30 atmosfer. W tym wypadku w separatorze S₂ powinny wydzielić się kondensaty, jeżeli złoże ma charakter kondensatowy, albowiem nastąpiła obniżka ciśnienia. Niezależnie od tego wykroplenie gazoliny w separatorze S₂ może nastąpić na skutek efektu Joule'a — Thomsona. Dla stwierdzenia, jakie ilości wykroplonych kondensatów (gazoliny) przypisać jednemu lub drugiemu efektowi proponuje autor ograniczenie przez pewien czas odpowiedniej części aparatury dla wyeliminowania efektu J—T, a wówczas zebrana ilość kondensatu należy przypisać kondensacji wstecznej.

Ustalimy teraz następujące definicje i oznaczenia.

- P_{gs} = ciśnienie statyczne głowicowe w ogóle (dawlenie niepodwójnowo gazu u ustia, absolute shutin well-head pressure).
- P_{gsz} = ciśnienie głowicowe statyczne poza rurami (w naszym wypadku poza rurami syfonowymi) — dawlenie niepodwójnowo gazu u ustia w zatrubnym (miejtrubnym) prostranstwie).
- P_{bs} — ciśnienie buforowe statyczne (przed zwężką krytyczną, szlucem, kroćcem, licząc w kierunku przepływu gazu) — (dawlenie buforowe niepodwójnowo gazu).
- P_{ds} = ciśnienie denne statyczne (płastowe dawlenie, the absolute shutin formation pressure).

Pod ciśnieniem dennym rozumie autor ciśnienie na dnie odwiertu wewnątrz rur okładzinowych (ostatniej kolumny eksploatacyjnej). Ciśnienie to na ogół nie jest identyczne z ciśnieniem „złożowym“ (p. artykuł autora „Nafta“ 3—4/1953). Niedokładne zdefiniowanie tych pojęć może być i jest często powodem nieporozumień. Związczą w stanie dynamicznym nie można identyfikować ciśnienia dennego ze złożowym, albowiem już w najbliższym sąsiedztwie rur perforowanych lub nawet przy niezarurowanej miąż-



Rys. 3

szości złoża, w strefie przyodwiertowej różnice ciśnień są duże, a tym bardziej w dalszych partiach złoża. W stanie dynamicznym (ruchowym — dlatego indeks r), a więc w zasadzie podczas eksploatacji, rozróżniamy następujące ciśnienia.

- P_{gr} = ciśnienie głowicowe ruchowe (dynamiczne), (dawlenie tiekuszczego gazu na ustiu, the absolute well-head working pressure).
- P_{br} = ciśnienie buforowe dynamiczne (ruchowe), (dawlenie buforowe tiekuszczego gazu).
- P_{grz} = ciśnienie głowicowe dynamiczne poza rurami, (zatrubnoje (miejtrubnoje) dawlenie tiekuszczego gazu na ustiu).
- P_{dr} = ciśnienie denne dynamiczne, (zabojnoje dawlenie, the absolute sandface pressure under working conditions).

Należy zwrócić uwagę na definicje w języku rosyjskim, np. ciśnienie denne statyczne jest tam identyczne z ciśnieniem złożowym (płastowe dawlenie), zaś ciśnienie denne dynamiczne nazwane jest „zabojnoje“ dawlenie. W języku angielskim przymiotnik „absolute“ mógłby zupełnie odpaść, ponieważ zawsze mamy na myśli tylko ciśnienie absolutne (ata) w odróżnieniu od nadciśnienia mierzonego manometrem (atn) nazwanego w języku angielskim „gage“ lub „gauge“ pressure.

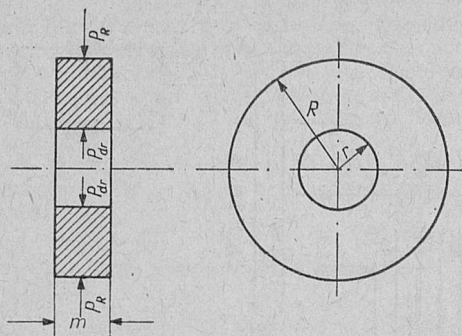
VI. Teoretyczne i praktyczne rozważania na temat przepływu gazu w złożu i zmiany parametrów.

Radialny, dośrodkowy przepływ gazu w złożu o miąższości m, promieniu zasięgu R oraz promieniu r w odwiercie, w wypadku gdy związek między wypływającą ilością gazu z odwiertu Q (debitem), a ciśnieniem dennym dynamicznym jest funkcją liniową $Q = b \cdot P_{dr}$, ujął B. B. Łapuk w następującą relację

$$Q = b \cdot \left[- \left(\frac{b \cdot \ln \frac{R}{r}}{2a} \right) + \sqrt{\left(\frac{b \cdot \ln \frac{R}{r}}{2a} \right)^2 + P_{a2}} \right] \quad (6)$$

$$\text{w tym } a = \frac{c \cdot m \cdot P_a}{\eta} \quad \text{oraz} \quad c = \frac{k \cdot \eta}{\gamma} \quad \text{zaś}$$

k = współczynnik przepływu charakteryzujący ruch danego medium (gazu) w danym złożu.



Rys. 4

c = współczynnik przepuszczalności ośrodka porowatego,
 η = lepkość dynamiczna,
 P_a = ciśnienie atmosferyczne.

W tych warunkach można obliczyć ciśnienie głowicowe dynamiczne poza rurami, jeżeli znamy ciśnienie buforowe dynamiczne, z następującej relacji

$$P_{grz} = \sqrt{P_{br} + 0,00236 \frac{V^2 \cdot H \cdot T \cdot s}{D^{5,32}}} \quad (7)$$

W praktyce codziennej operujemy parametrami, które można łatwo i z nieznacznymi błędami pomierzyć, toteż powszechnie przyjętą się wzór następujący

$$V_N = c \cdot (P_{ds}^2 \cdot P_{dr})^n \quad (8)$$

Wartości liczbowe dla c oraz n można obliczyć z kilku par pomiarów i wziąć z nich średnią.

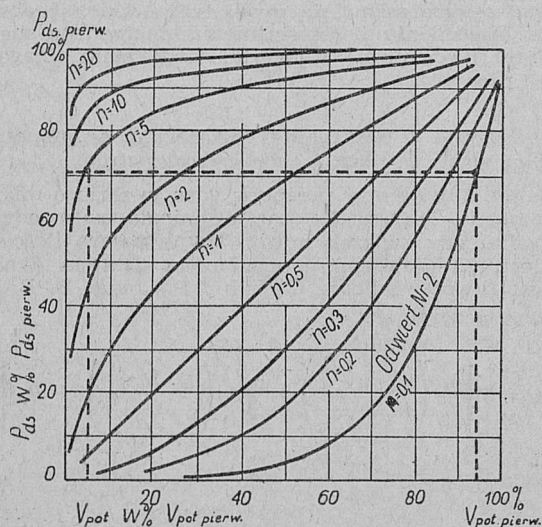
$$c_1 = \frac{V_1}{(P_{ds}^2 - P_{dr})^n} \quad (9)$$

zaś

$$n_1 = \frac{\lg V_2 - \lg V_1}{\lg (P_{ds}^2 - P_{dr2}) - \lg (P_{ds}^2 - P_{dr1})} \quad (10)$$

V_2 , V_1 , P_{dr2} , P_{dr1} oznaczają ilości wypływającego z odwiertu gazy przy ciśnieniach dennych dynamicznych w czasie pomiaru nr 1 oraz nr 2.

W dalszym ciągu przypomnimy za mało u nas wyszukaną pracę M. A. Schellhardta i E. B. Rowlingsa i w szczególności, dotychczas u nas niedoceniany i niewyzyskany, wykres zmienności wykładnika potęgowego n , który na ogół waha się w olbrzymich granicach. Na rys. 5, jako rzędne wzięto wartości ciśnień dennych statycznych w procentach pierwotnej (początkowej) wartości ciśnienia dennego statycznego, zaś na osi odczytanych wykreślono wartości wydobywania potencjalnego w różnych okresach eksploatacji od-



Rys. 5

wiertu, w procentach produkcji potencjalnej pierwotnej, tj. tej, jaką zmierzono bezpośrednio po dowieczeniu, zanim jeszcze pobrano ze złoża większe ilości gazu. Wykres ten powinien stać się jednym z najważniejszych instrumentów analizy wydobywania gazu ziemnego, a może nawet określenia produkcji (wydobywania) dopuszczalnej. Przypatrzmy się, jak wspaniale oddaje on zachowanie się dwu odwiertów w czasie eksploatacji. Załóżmy, że w obu ciśnienie dennego statyczne spadło do tej samej wartości wynoszącej np. 71% ciśnienia pierwotnego. Jeżeli odwiert nr 1 charakteryzuje np. wykładnik $n = 5$, zaś odwiert nr 2, $n = 0,1$, to wartości wydobywania potencjalnego różnią się między sobą w sposób wprost rażący. a mianowicie dla nr 2 V_{pot} spadło nieznacznie ponieważ wynosi jeszcze 93% wydobywania potencjalnego pierwotnego, natomiast w odwiercie nr 1 wynosi ono zaledwie 3% pierwotnego wydobywania. A zatem krzywe zmienności wykładnika (n) ułatwiają niesłychanie badanie odwiertów. Metoda ta uderza w samo sedno rzeczy, albowiem wykładnik (n) mieści niejako w sobie cały szereg zawiłych i trudnych do określenia współczynników używanych w innych wzorach czysto teoretycznych, opartych na suchej teorii, nie oglądających się na możliwości ich zastosowania w praktyce.

Wyznaczenie wartości liczbowej wykładnika (n), jak widzimy, nie jest zbyt trudne i należy to uczynić dla wszystkich naszych odwiertów gazowych, eksploatowanych w różnych okresach eksploatacyjnych.

Powracając do obliczenia zasobów przemysłowych należy jeszcze zaznaczyć, że wartości ZP oraz V otrzymamy dla całego złoża sumując $ZP_1, ZP_2 \dots ZP_n$ oraz $V_1, V_2 \dots V_n$ mierzone możliwie prawie równocześnie na każdym odwiercie danego złoża. Podkreślamy to dlatego, aby wskazać na konieczność znacznego zwiększenia u nas ekip pomiarowych i wyposażać je w odpowiednie urządzenia i przyrządy pomiarowe.

VII. Dopuszczalny pobór gazu ze złóż gazowych.

Powszechnie znany jest fakt, że im więcej analizuje się pewne zagadnienie od strony teoretycznej bez zadowalających rozwiązań, tym obszerniejszą jest literatura, a ilość tomów naspikowanych wywodami ściśle teoretycznymi wzrasta do rozmiarów imponujących. Tak być musi, albowiem nie ma innej drogi, jak poprzez wielostronną dyskusję przede wszystkim po linii teoretycznej. Dopiero wówczas, gdy zaczyna się wyłaniać rdzeń prawdy łączącej wywody teoretyków z praktyką, rozpoczyna się zbieżność poszczególnych kierunków teoretycznych i w końcu następuje rozwiązanie właściwe, niejednokrotnie proste także i od strony teoretycznej. W omawianym tutaj zagadnieniu nie jesteśmy jeszcze tak daleko i na razie można rozróżnić dwa kierunki. Jednym z nich jest kierunek reprezentowany przez uczonych i praktyków radzieckich, drugi — przez specjalistów Zachodu. Z dostępnej mi literatury odnoszę wrażenie, że ostatni traktuje zagadnienie dopuszczalnych poborów gazu ziemnego bardzo lekko, prawdopodobnie dlatego, że istnieją tam olbrzymie nadwyżki gazu ziemnego, a całość gospodarki tym cennym surowcem nie jest scentralizowana. Znamienne jest to, co czytamy w tak miarodajnym wydawnictwie jak „Proceedings of the United Nations Scientific Conference on the Conservation and Utilisation of Resources” — Vol. III—Lake Success—New York — 1951. Na temat eksploatacji węgla, rud oraz na tematy związane z przeróbką mechaniczną kopalni stałych, znajdujemy w wydawnictwie tym obszernie referaty i dyskusje, również na temat eksploatacji ropy są tam dość wnikliwe i ciekawe poglądy oparte na nowoczesnych zasadach naukowych. Natomiast jeżeli chodzi o eksploatację gazu ziemnego, ograniczono się w tym wydawnictwie zaledwie do bardzo krótkiej wzmianki, pozbawionej jakichkolwiek uzasadnień teoretycznych. Piśsz tam William J. Murray, co następuje: „Dopuszczalne wydobywanie (Maximum rate of production — MER) jest zmienne i zależy od mechanizmu złoża. Przyjmuje się jako zasadę, że dopuszczalne wydobywanie powinno wynosić 4 do 5% rocznie tej ilości gazu, jaka ma być w całości wydobyta ze złoża. Są złoża, z których dopuszczalne wydobywanie wynosi zaledwie 1% rocznie, a rzadko zdarza się, aby przekroczone najwyższą dopuszczalną „rate” 5%, gdyż byłoby to równoznaczne z gospodarką rabunkową (wastful). Dalej jest krótka wzmianka na temat złóż kondensacyjnych i kilka słów o naporze wody węglanej.

W ZSRR rozpoczęto w ostatnich latach na szeroka skalę badania w biurze eksploatacji złóż ropy i gazu im. Gubkina

w Moskwie. N. M. Nikołajewskij pisze: „Należy przeprowadzić dalsze badania, aby rozpracować pierwsze przybliżenie teoretyczne i uzgodnić je z praktyką“. Prof. B. B. Łapuk rozróżnia trzy okresy eksploatacji złoża gazu ziemnego. W pierwszym — bezkompresorowym okresie, tj. poboru i transportu gazu pod własnym ciśnieniem głowicowym, przyjmuje on stałą szybkość dopływu gazu w strefie przyodwiertowej i zależność między czasem (t) jaki upłynął od początku eksploatacji oraz ilości odwiertów eksploatacyjnych (p), nieodzownych do utrzymania wydobycia gazu na stałej wysokości wynoszącej $Nm^3/dobę$, określona jest równaniem

$$t = \frac{\Omega_3}{N} \left(P_n - \sqrt{\frac{N}{P} \left(\frac{1}{A_1} \ln \frac{b}{\sqrt{P}} + \frac{N}{c \cdot P} \right)} \right) \text{ dni} \quad (11)$$

$$\text{gdzie } A_1 = \frac{\pi k \cdot h \cdot P}{\eta}$$

$$\text{zaś } b = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{\Omega_2}{\pi \cdot h \cdot m}} \quad ; \text{ w tym}$$

Ω_3 = objętość złoża (masy porowatej) (m^3),

$P_n = P_{dsp}$ = ciśnienie denne statyczne pierwotne (ata),

c = współczynnik maksymalnego dozwolonego przepływu = $10^4 Nm^3/dobę/1 \text{ ata}$

k = średni współczynnik przepuszczalności (darcy)

h = średnia miąższość złoża (m),

η = lepkość dynamiczna gazu (cP),

r = promień dna odwiertu (m),

m = porowatość wyrażona ułamkiem dziesiętnym,

P = średnie ciśnienie atmosferyczne (kg/cm^2).

Ten pierwszy okres kończy się wówczas, gdy ciśnienie denne dynamiczne P_{dr} dojdzie do minimum przez nas określonego, a będącego w związku z warunkami lokalnymi zależnymi przede wszystkim od możliwości transportu gazu bez użycia sprężarki. Czas trwania tego okresu (t) można obliczyć z wzoru

$$t = \frac{\Omega_3}{N} \cdot (P_n - \tilde{P}) \quad (12)$$

Z wielkim zadowoleniem należy powitać wprowadzenie symbolu $\tilde{P}$ na oznaczenie średniego ciśnienia złożowego. To średnie ciśnienie złożowe można obliczyć z równania

$$P_{dr} = \frac{c}{2A_1} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2A_1}{c} \right)^2 \cdot \tilde{P}^2} \right) \quad (13)$$

Jako najniższe ciśnienie denne dynamiczne przyjmuje Nikołajewskij 4 ata.

Drugi również „bezkompresorowy“ okres eksploatacji znamienny jest tym, że ciśnienie denne dynamiczne ma wartość stałą czyli $P_{dr} = \text{const}$. Związek między czasem (t) jaki upłynął od początku eksploatacji a P_{drmin} , czyli najniższym ciśnieniem dennym dynamicznym, wyrażony jest równaniem

$$t = \frac{\Omega_3}{N} \left(P_n - \sqrt{P_{drmin}^2 + \frac{N}{A_1 \cdot P} \cdot \ln \frac{b}{\sqrt{P}}} \right) \text{ dni} \quad (14)$$

Trzeci okres cechuje użycie sprężarek i w tym ostatnim okresie wyczerpania złoża

$$t = \frac{\Omega_3}{V \cdot p} \int_{P_{ak}}^{P_{kp}} dP_{ak} \quad (15)$$

gdzie V = wydajność (debit) odwiertu

P_{kp} = ciśnienie pierwotne na konturze złoża,

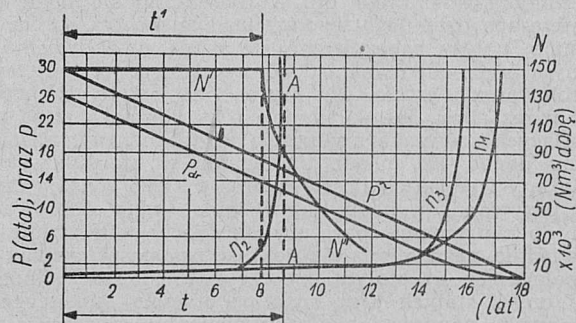
P_{ak} = aktualne ciśnienie na konturze.

W rozdziale pt. „Określenie racjonalnego wydobycia gazu ze złoża“ pisze Nikołajewskij: „Wychodzimy z założenia: — zaspokoić ogólne zapotrzebowanie na gaz danego rejonu gospodarczego, wyrażonego w planach gospodarki narodowej,

mając na uwadze koszty wydobycia i transportu“. Jest to podejście raczej od strony użytkownika, a nie ściśle po linii racjonalnej gospodarki złożowej. Taka teza jest bardzo na rękę użytkownikom, którzy nie oglądają się na to, co się stanie ze złożem, względnie z możliwością wydobycia zeń w sumie jak największych ilości gazu. Wykres M. B. Bursztejnowej (rys. 6) podaje zależność między stałym wydobyciem N ($Nm^3/dobę$), czasem eksploatacji (t), oraz ilością odwiertów (p), dla różnych metod eksploatacyjnych. Krzywa n_2 pozwala na odczytanie, że tempo zwiększania ilości odwiertów potrzebnych dla podtrzymania stałego wydobycia (N) wynoszącego w danym przykładzie $150.000 Nm^3/dobę$, przy eksploatacji bezkompresorowej, po upływie około siedmiu lat wzrasta gwałtownie oraz znacznie prędzej niż przy stałej szybkości przepływu (krzywa n_1), albo przy eksploatacji kompresorowej w trzecim okresie według krzywej (n_3). Ilość gazu Q_T jaką można wydobyć ze złoża bez powiększenia ilości odwiertów eksploatacyjnych, dla warunku $P_{dr} = \text{const}$, można obliczyć z relacji

$$Q_T + \Omega_3 \cdot (P_n - P_{dr}) \quad (16)$$

Prostopadła do osi odciętych A—A przecina tę ostatnią w punkcie, który określa teoretyczny maksymalny okres czasu (t) dla eksploatacji bezkompresorowej przy nieskończonej ilości odwiertów eksploatacyjnych. Widzimy zatem, że po przekroczeniu pewnego okresu, dalsze rozwieranie pola gazowego byłoby nonsensem gospodarczym. Proste równoległe do A—A, wykreślone od niej na lewo, odczną na osi odciętych czas (t), w którym należy odwiercić ilość otworów eksploatacyjnych (p) celem podtrzymania stałego wydobycia dziennego (N). Prosta N' charakteryzuje wydobycie w okresie bezkompresorowym przy stałej ilości odwiertów (p), po czym przechodzi ona w krzywą N'' dla



Rys. 6

okresu również bezkompresorowego, lecz przy malejącym wydobyciu oraz dla $P_{dr} = \text{const}$. Z krzywej n_3 odczytamy przebieg eksploatacji, gdy doszliśmy do okresu podtrzymania ciśnienia dennego ruchowego $P_{dr} = 4 \text{ ata}$. Prosta $\tilde{P}$ przedstawia przebieg średniego ciśnienia złożowego, zaś krzywa P_{rd} odzwierciedla spadek ciśnienia dennego dynamicznego. Okres bezkompresorowej eksploatacji, przy dowolnym założeniu $P_{drmin} = 4 \text{ ata}$ uwidocznił się jako odcinek t_1 . Wykres powyższy jest podstawą dla wyliczenia kosztów własnych, a więc i ceny gazu. W publikacji Nikołajewa znajduje się osobny rozdział na ten temat oraz dotyczące wykresy, należy jednak dla naszych stosunków przeanalizować to zagadnienie oddzielnie. E. M. Mińskij w pracy pt. „O pritokie gazu k zaboju“ poświęca jeden ustęp na temat „Wozmożności uwieliczenia debita gazowych skważyn“. Omawia on tam głównie zwiększenie ilości otworów perforacyjnych kolumny rur eksploatacyjnych w wypadku, gdy istniejące otwory nie wystarczają lub zostały częściowo przytkane.

Rekapituluując powyższe rozważania dochodzimy do wniosku, że ściśle biorąc nie ma zadowalającej odpowiedzi na pytanie zasadnicze „Jakie są dozwolone ilości wydobywanego gazu“ bez ujemnych skutków w postaci zdrenowania złoża i napływu wody okalającej do odwiertów eksploatacyjnych. Można nawet spotkać się z tak śmiałym twierdzeniem, że niebezpieczeństwo drenażu i zawodnienia w ogóle

nie istnieje. Wątpić jednak należy, czy odpowiedzialny kierownik eksploatacji odważyłby się na wydanie decyzji dla nieograniczonego poboru gazu ze złoża. Prawdopodobnie nie wzięłyby on na siebie odpowiedzialności za wydobywanie rzędu np. 20% rocznie w stosunku do każdorazowych zasobów przemysłowych.

Jak wspomniano wyżej, obecnie nie kierujemy się określaniem dopuszczalnych ilości lecz dopuszczalnego spadku ciśnienia. W tym wypadku należy pamiętać, że w rejonie wysokich ciśnień współczynnik ściśliwości gazu (z) odgrywa już poważną rolę, że zatem spadek np. 5 atmosfer przy ciśnieniu około 100 atm. oznacza większą ilość gazu aniżeli spadek 5 atm. przy ciśnieniu np. 30 atm, ponieważ gaz rzeczywisty (mowa głównie o metanie) jest więcej ściśliwy przy wysokich ciśnieniach. Wykresy dla współczynnika ściśliwości (z) podane są w książce Z. Wilka „Gaz ziemny”. Należy również określić dokładnie czy dopuszczamy stały spadek o tę samą ilość atmosfer, czy też stały procent ciśnienia od każdorazowego ciśnienia złoża ustalonego na początku okresu rozliczeniowego, którym jest najczęściej jeden rok. Racjonalny jest ten ostatni sposób liczenia. Pierwszy, tj. stały spadek o pewną niezmienną ilość atmosfer, chociażby on był wyznaczony w granicach uznanych za dopuszczalne na początku okresu eksploatacyjnego, doprowadziłby po kilku latach do zbyt wysokich spadków ciśnień w stosunku do każdorazowo aktualnych ciśnień złożowych. Troska o wyznaczenie właściwego dopuszczalnego spadku ciśnienia jest wynikiem stwierdzenia faktów, że niejedno złożo gazowe zostało już zdrenowane i zawodnione przez nieuregulowany i nadmierny pobór gazu, przy czym pamiętać zawsze należy, że nie chodzi tu wcale o daty wydobywania za okres roczny lub nawet miesięczny. Niebezpieczeństwo istnieje właśnie przy poborach krótkotrwałych zapotrzebowań szczytowych. Roczne lub miesięczne raporty wydobywania mogą być prawdziwe i niewysokie a wydobywanie gazu w sposób dewastacyjny mogło mieć miejsce przez kilka dni, co ujawnić by się mogło tylko w wykresach dziennego wydobywania. Dlatego też oprócz tych ostatnich, należy zabezpieczyć się przed wydobywaniem nadmiernym przez odpowiedni dobór zwężek krytycznych, kontrolowanych często, czy nie są one zużyte, tj. powiększone przez abrazyjne działanie cieczy i cząstek złoża przerywających z wysoką szybkością krytyczną, wynoszącą dla metanu ponad 400 m/sek. Usiłowania w kierunku stwierdzenia, czy i w jakich ilościach oraz jakiego rodzaju cząstki złoża porywane są przez gaz eksploatowany doprowadziły m. in. do konstrukcji aparatury filmującej stale strugę gazu odpowiednio naświetloną. Projekt autora naszkicowany wyżej, polegający na stałym poborze próbek gazu, kondensatów i części stałych przy zupełnie otwartej głowicy z rur syfonowych, powinien być wypróbowany w terenie i to w kilku różnych warunkach eksploatacji. Jeżeli przy pomocy tego urządzenia stwierdzimy, że w pewnym odwiercie gaz zawiera większe ilości wody niż w poprzednich okresach, większą ilość cząstek złoża, a wreszcie innego rodzaju cząstki, które na podstawie korelacji z rdzeniami uzyskanymi w otworach zbliżonych do strefy wody okalającej wskażą na niebezpieczeństwo zapoczątkowanego drenażu w kierunku tej strefy, to wówczas natychmiast zmniejszymy pobór gazu z danego odwiertu albo nawet czasowo wstrzymamy zupełnie. Tak postępując nie wykonamy nic innego, jak tylko to, co nazywamy ułożeniem złoża (p. artykuł autora w „Nafcie” 3—4/1953). Badania powyższe łącznie z pomiarami omówionymi wyżej dadzą nam niechybnie wskazówki dla ustalenia dozwolonego poboru. Oczywiście na nowych złożach i nowych odwiertach będziemy dopuszczali początkowo małe wydobywania, zwiększając je w miarę jak poznamy złożo dokładniej i badania prowadzone systematycznie wykażą, że nie ma niebezpieczeństwa zdrenowania i zawodnienia. Na razie nie ma mowy o tym, aby na podstawie analizy czysto matematycznej można było określić z góry dopuszczalny spadek ciśnienia, może to mieć tylko miejsce po przeprowadzeniu wszystkich wyżej wymienionych pomiarów i badań.

VIII. Magazynowanie nadmiarów wydobytego gazu.

Gospodarka gazem ziemnym ma m. in. tę wielką zaletę, że zasadniczo nie ma kłopotu z nadmiarami, ponieważ w przeciwnieństwie np. do produkcji gazu węglowego (koksowego) można po prostu przez pewien okres pobierać ze złoża mniejsze ilości albo zaprzestać zupełnie eksploatacji.

Ograniczyć należy, jak powiedziano wyżej, tylko pobór nadmierny, ponad dozwolone maksimum. W praktyce należy jednak dążyć do stałego poboru, aby szanując złożo posiadać pewien zapas dla pokrycia zapotrzebowań szczytowych. Skoro nie można pobierać gazu więcej jak na to pozwala norma dla wydobywania dopuszczalnego, przeto nie pozostaje nic innego, jak przez cały rok odbierać ze złoża równomierne ilości dozwolone i ograniczone dopuszczalnym spadkiem ciśnienia bez względu na zmienne zapotrzebowanie, a ilości zbędne w okresach mniejszego zapotrzebowania magazynować dla pokrycia szczytów. Rozważania wstępne na ten temat opracował autor w r. 1949, a drukiem zostały one ogłoszone w biuletynie Instytutu Naftowego nr 2 z roku 1950.

Rozróżniamy nadwyżki dobowe i sezonowe. Sprawa magazynowania nadwyżek dobowych jest opracowana w sposób wystarczający do wykonania potrzebnej dokumentacji. Nadwyżki sezonowe wymagają magazynowania dużych ilości przez okres kilku lub kilkunastu miesięcy, to zaś nie da się rozwiązać przez zastosowanie zbiorników stalowych. Należy do tego celu wyszukać złoża porowate, o ile możliwości wolne od wody, zalegające na głębokości odpowiedniej do preeliminowania maksymalnego ciśnienia, izolowane warstwami nieprzepuszczalnymi od reszty otaczającej je górotworu oraz położone w pobliżu większych ośrodków zużycia gazu. Zagadnienie to jest aktualne zarówno dla gazu ziemnego jak i sztucznego (węglowego, koksowego i in.). Wyszukiwanie takiego zbiornika nie będzie łatwe i geolodzy rejonowi mają przed sobą trudne ale i wdzięczne zadanie. Zbyt wielka pojemność takiego złoża nie jest wskazana ze względu na niepotrzebnie wtłaczane ilości „martwego gazu”, tzn. wypełniające pory piaskowca (skały) pod ciśnieniem niższym od najniższego ciśnienia potrzebnego dla zabezpieczenia prawidłowego odbioru gazu z tego magazynu. Myśl magazynowania gazu w złożach porowatych nie jest nowa, albowiem w Kanadzie jeszcze w 1915 r. zrealizowano ją z dobrym wynikiem. Obecnie magazynuje się w ten sposób poważne ilości gazu na całej kuli ziemskiej, a więc w ZSRR, w Niemczech, w USA i in. Ze metoda ta wykonana w sposób właściwy nie budzi najmniejszych obaw odnośnie większych strat i trudności ruchowych, świadczą o tym coraz liczniejsze przykłady magazynowania w złożach porowatych tak cennych węglowodorów jak propan, a nawet butan. Te ostatnie miesza się w odpowiednim stosunku z powietrzem i oddaje później do użytku taką mieszaninę konsumentom, baczac oczywiście, aby procent węglowodorów był poza granicami eksplozji. U nas wykonano już w tym kierunku poważną pracę wstępną. W roku ubiegłym pracownicy CZG, inż. Kołodziej i inż. Kaczorowski zgłosili usprawnienie i wykonali w pewnej części starego złoża gazowego (R), ograniczonego uskokami, cykl zamknięty, polegający na tym, że wtłoczono około 800.000 Nm³ gazu ziemnego pobranego z innej kopalni i po wykonaniu pewnych pomiarów odebrano około 70% ilości wtłoczonych, bez większych trudności. Należałoby na tym złożu przeprowadzić wszystkie badania wskazane w poprzednich rozdziałach, a w szczególności eksploatację przy syfonowych rurach stale otwartych wraz z wysokociśnieniowym separatorem i ciągłym poborem próbek, obliczanie zasobów według wzorów podanych powyżej, a ponadto prowadzić badania w strefie położonej bliżej wody okalającej. Po tych wstępnych badaniach należy jak najspieszniej przeprowadzić konsekwentnie dokładne pomiary na polach gazowych eksploatowanych pod wysokim ciśnieniem. Aż do ustalenia wyników wyżej projektowanych badań, wskazane jest utrzymanie dopuszczalnego poboru na wysokościach praktykowanych dotychczas, z wykluczeniem tych odwiertów, które są położone bliżej strefy wody okalającej i są młodsze, a zatem mniej znane.

Literatura

- W. I. Arawin i S. N. Numierow. Teoria dźwignia żyłkociel i gazow. Moskwa 1953.
- N. M. Nikołajewskij. Metod projektowania razr. gaz. miestoroż. Moskwa — 1952.
- E. M. Mińskij. O pritokie gaza k zaboju. Moskwa 1954.
- Orkin, Kuczyński, Gładkow. Zadaczki po kursu eksploatacji. Moskwa — 1952.
- E. L. Rawlings i M. A. Schellhardt. Monogr. Nr 7. Bureau of Mines.
- G. W. Hereford. Testing Gas Wells. W. C. VI. 1951.
- Dr R. F. Nielsen. Fluid Displacement. The O. and G. J. 1954.
- R. L. Huntington. Natural Gas. N. Y. 1951.
- Stephens i Spencer. Natural Gas Eng. Pens. St. College, 1950.
- Proceedings of the U. N. Sc. Conf. Lake Success — New York, 1951.

Mgr inż. TADEUSZ REGUŁA
Kraków

Koreferat do referatu prof. inż. Z. Wilka pod tyt.:
„Dopuszczalny pobór gazu ze złóż czysto gazowych“

W referacie swym prof. Wilk omówił w interesujący sposób nie tylko zagadnienia poboru gazu ze złóż czysto gazowych — ale szereg innych ciekawych problemów związanych ze złożami gazowymi jak: podział złóż gazowych, obliczanie zasobów całkowitych i przemysłowych gazu ziemnego, magazynowanie nadmiarów gazu, złoża kondensatowe oraz zjawisko wstecznej kondensacji i sprawę słownictwa w gazownictwie ziemnym.

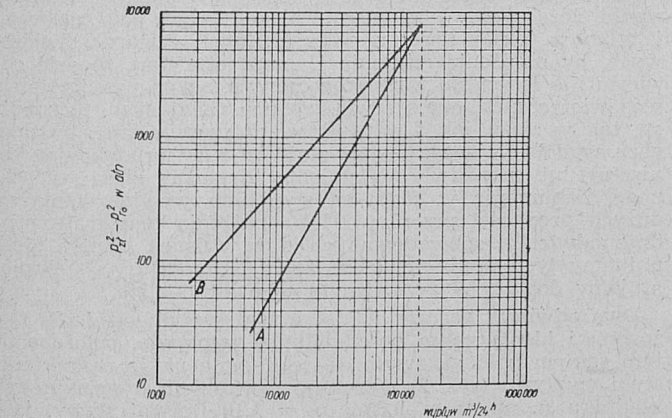
Aczkolwiek nie podzielam opinii autora w wielu punktach poruszonych zagadnień, to jednak z uwagi na ograniczony czas postawiony mi przez organizatorów Zjazdu do dyspozycji, nie będę poruszał tych tematów, a zajmę się w koreferacie tylko problemem dopuszczalnego poboru gazu ze złóż czysto gazowych — gdyż jest on obecnie najważniejszy dla nas i jako najaktualniejszy został wysunięty na czołowe miejsce dzisiejszej konferencji.

Omawiając, wśród innych tematów, zagadnienie dopuszczalnego poboru gazu ze złóż czysto gazowych, nie zwrócił autor uwagi na bardzo ważny fakt, że problem ten był u nas już od 1929 r. rozważany i opiniowany na terenie Wyższego Urzędu Górniczego w Krakowie, że władze górnicze ograniczyły pobór gazu jeszcze w r. 1930, na mój wniosek, po przeprowadzonej dyskusji nad ekspertyzą w sprawie eksploatacji pola gazowego Daszawa, a w 1931 rozszerzyły ograniczenie poboru gazu na obszar Jaszcze — Roztoki. Dopuszczalny pobór gazu został wtedy ustalony na 20% potencjalnej produkcji poszczególnego odwiertu. Nie wspomiał również prof. Wilk nic o tym, że władze górnicze w 1948 r. zarządziły wyposażenie odwiertów na polach gazowych w dławiące dysze i korki obliczane dla krytycznych przepływów, wykluczające zwiększenie poboru gazu, nawet momentalne, ponad ustaloną normę i wprowadzenie nowej metody eksploatacyjnej, polegającej na stosowaniu i utrzymywaniu właściwego wysokiego przeciwcisnienia, w miejsce dotychczas stosowanej metody ilościowej (20% pot. prod.).

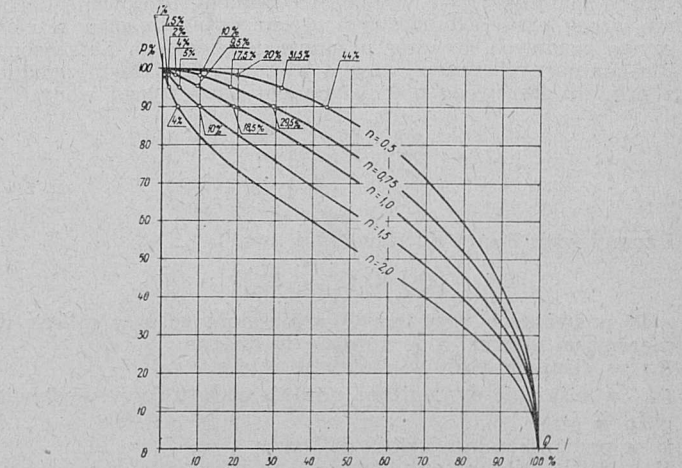
Mam żal do prof. Wilka, że nie wspomniał w swym referacie nic ani o wynikach ograniczenia poboru gazu na naszych polach gazowych i o stosowanych u nas obecnie kryteriach i sposobach określania poboru gazu, ani o odczytach na temat racjonalnej gospodarki złożem gazowym zorganizowanych przez Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego oraz, że w 1952 roku Stowarzyszenie to poświęciło jedną konferencję naukowo-techniczną wyłącznie eksploatacji pól gazowych. A należało, zdaniem moim, podkreślić, że sam problem eksploatacji złóż czysto gazowych jest postawiony u nas na odpowiednim poziomie, że stosujemy i to z dobrymi wynikami racjonalny, choć nieco odmienny sposób eksploatacji gazu ziemnego, aniżeli jest powszechnie stosowany w państwach kapitalistycznych, że stosowane u nas kryteria ograniczenia poboru gazu można było wprowadzić w życie głównie dlatego, że złożami gazowymi kieruje tylko jeden gospodarz, tj. państwo, które ani nie może, ani nie chce dopuścić do dewastacji złoża.

Omawiając zagadnienia dopuszczalnego poboru gazu z pól czysto gazowych, prof. Wilk przedstawił natomiast pewne teoretyczne i praktyczne osiągnięcia w skali światowej na tym odcinku, które w kilku zdaniach zrekapituluję.

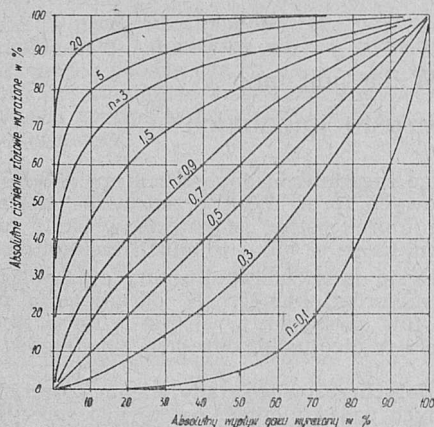
- 1) Opierając się na wieloletniej praktyce na polach gazowych świata stwierdził konieczność ograniczenia poboru gazu z odwiertów czysto gazowych nie tylko w stosunku rocznym ale i w niedługich okresach zapotrzebowania szczytowych.
- 2) Według dotychczasowego stanu wiedzy teoretycznej nie ma wytycznych uzasadnionych naukowo i sprecyzowanych w formie nadającej się do codziennej praktyki kopalnianej dla ustalenia maksymalnego dopuszczalnego poboru gazu ze złoża i z poszczególnych odwiertów.
- 3) Prawdopodobnie nie otrzymamy nigdy recepty uniwersalnej dopuszczalnego poboru albowiem każde złożo i każdy odwiert posiadają swe odrębne cechy indywidualne.
- 4) Niedoceniony i niewyzyskany wykres zmienności wykładnika potęgowego (n) powinien stać się jednym z najważniejszych instrumentów analizy wydobywania, a może nawet określenia produkcji poboru dopuszczalnego.
- 5) Gdyby krzywe dla n w układzie logarytmicznym okazały się linią prostą, wówczas zyskalibyśmy wprost bezcenny sposób dla badania odwiertów i złóż oraz wyciągania wniosków na przyszłe okresy eksploatacyjne.
- 6) Na razie, należałoby się kierować dopuszczalnym spadkiem ciśnienia dennego statycznego w wysokości rzędu 5 do 10% w stosunku rocznym, w zależności od wartości wykładnika potęgowego (n), a równocześnie metodycznie, w sposób ciągły wykonywać ilościowe i jakościowe pomiary zawartości wody i cząstek złoża w gazie.
- 7) Liczenie na pokrycie zapotrzebowania gazu przez wysoki pobór dopuszczalny, w rodzaju 15% lub więcej, jest bardzo ryzykowne. Do czasu jednak ustalenia norm uzasadnionego najwyższego dopuszczalnego poboru, należy z uwagi na obecną sytuację gospodarczą indywidualnie pobór dopuszczalny zwiększyć na okres próbny na tych odwiertach, na których niebezpieczeństwo zawodnienia nie istnieje lub jest minimalne, do górnej orientacyjnej cyfry 15%.
- 8) Wszystkie odwierty eksploatacyjne należy wyposażać w standartowe zagłowiczenia, rury syfonowe i dławnice (korki dla przepływu krytycznego).
- 9) W odróżnieniu od dotychczasowego systemu zarurowania, w schemacie nowoczesnym odwiertu gazowego płyn odprowadzany jest stale z dna przez rury syfonowe razem z cząsteczkami złoża, a nie periodycznie, jak to miało miejsce dawniej. Syfonowanie okresowe jest niedopuszczalne.



Rys. 1 — Absolutne ciśnienie złożowe 90 atn, absolutny wypływ 130000 m³/24 h



Rys. 2 — Wykres zależności procentowej ilości wpływu gazu ziemnego od obniżenia ciśnienia dynamicznego na dnie odwiertu przy różnych wykładnikach w relacji $Q = c/P_{ds}^2 - P_{dr}^2/n$



Rys. 3 — Zależność absolutnego ciśnienia i absolutnego wypływu gazu ze złoża dla różnych szybkości gazowych w zależności od wielkości wykładnika „n”

Ponieważ nie podzielam w wielu kierunkach — odnośnie zagadnienia dopuszczalnego poboru gazu ze złóż czysto gazowych i problemu racjonalnej eksploatacji złóż gazowych — poglądów Autora referatu i posiadam nieco inny, oparty na doświadczeniach obcych i własnych, nabytych na naszych polach gazowych, nie będę polemizował z prof. Wilkiem odnośnie poszczególnych rozbieżnych poglądów, lecz przedstawię mój punkt widzenia na wyszczególnione zagadnienia.

Wiadomo, że zjawiska jakie zachodzą w złożu gazonośnym określane są przez czynniki, które z jednej strony zależą od struktury tego pokładu, z drugiej strony od natury medium tworzącego złożo. Z dużą dozą prawdopodobieństwa można powiedzieć, że największą trudność ujęcia rachunkowego zjawisk przepływu medium w złożu należy odnieść do właściwej oceny zachowania się jego w czasie drogi, jaką musi odbyć od otworu świdrowego poprzez labirynt porów, które w swej wielkości, kształcie i charakterze zmieniają się bezustannie i nagle; innymi słowy największą trudność należy odnieść do właściwej oceny zachowania się medium gazowego w czasie drogi poprzez górotwór o różnej, zmiennej porowatości i przepuszczalności.

Mimo że pola czysto gazowe przedstawiają mniej złożone stosunki, aniżeli pola ropne, w literaturze światowej jest stosunkowo niewiele prac i rozpraw naukowych, zajmujących się zagadnieniem teorii przepływu gazu w złożu gazowym. W naturze złoża gazowe są przeważnie tak związane z wodą pokładową i okalającą czy brzeżną, że wzajemny wpływ fizyczny i chemiczny występuje prawie w każdym złożu. Czysto gazowe złoża należą do wyjątków, a i w tych złożach wchodzi przeważnie w grę mieszanina gazu o różnych właściwościach i punktach wrzenia, a część ich może się znajdować w stanie płynnym.

Związek jaki zachodzi pomiędzy różnicą ciśnienia w horyzoncie gazowym a wielkością wypływu z otworu świdrowego, można matematycznie wyrazić równaniem. Stosowane obecnie wzory przy rachunkowym ujęciu wypływu gazu ze złóż czysto gazowych, to wzór uczonego radzieckiego Leibensona dla laminarnych przepływów w kierunku radialnym zgodnie z prawem Darcy'ego pod działaniem napierającej wody:

$$Q = \frac{\pi k \cdot H}{\eta} \cdot \left(\frac{P_{zt}^2 - P_{ro}^2}{\ln \frac{r_w}{r_o}} \right)$$

i znany wzór Pierce'a i Rawlingsa (rys. 1).

$$Q = C (P_{zt}^2 - P_{ro}^2)^n$$

W powyższych wzorach: Q = objętość gazu w m³/sek w pierwszym wzorze, a w m³/dobę w drugim.

P_{zt} = ciśnienie złożowe statyczne w ata

P_{ro} = ciśnienie dynamiczne na dnie otworu (przy wypływie gazu w ata)

k = przepuszczalność złoża w Darcy

H = miąższość pokładu gazowego w m

η = absolutna lepkość gazu w centypoissach

r_w = promień zasięgu działania otworu w m

r_o = promień odwiertu

C = współczynnik

n = wykładnik potęgowy

Pierwszy wzór Leibensona pozwala na przemysłowe obliczenie współczynnika przepuszczalności k danego złoża gazowego.

Wzór Pierce'a i Recolinsa ma tę wyższość nad innymi, że pozwala nie tylko na obliczenie potencjalnej produkcji gazu ze złoża na poszczególnych odwiertach gazowych, ale daje podstawy do kontroli racjonalnej eksploatacji gazu ze złoża i kontroli wyników stosowania zabiegów zmierzających do ożywienia produkcji gazowej na odwiertach, na których nastąpiło obniżenie produkcji lub zastosowano kwasowanie, wzgl. torpedowanie itp.

Przez naniesienie podanych we wzorze Pierce'a relacji na papier logarytmiczny otrzymamy prostą, której rzędnymi są różnice kwadratów ciśnień, a odciętymi ilości wypływającego gazu w m³/dobę.

Współczynnik C tego wzoru zależy jest od miąższości i porowatości horyzontu gazonośnego, średnicy otworu świdrowego, wzgl. średnicy rur zacementowanych w horyzoncie gazonośnym oraz od drogi, jaką gaz musi przebyć w złożu do otworu wiertniczego. Wykładnik potęgowy n zależy jest od struktury kształtu i wielkości ziarn piaskowca gazonośnego, wielkości porów i ich charakteru itp. Tak współczynnik C, jak i wykładnik n można bez trudności obliczyć dla każdego odwiertu gazowego na polu gazowym poprzez pomiar parametrów takich, jak ciśnienia statyczne złożowe, dynamiczne na dnie odwiertu i ilości przepływu gazu. Pomiar wykonany w kraju na eksploatowanych obecnie polach gazowych wykazały, że współczynnik C i wykładnik n wahają się praktycznie w następujących granicach:

n od 0,6 do 1,25

C od 0,0150 do 1,40

a uzyskane w praktyce wielkości dają np. następujące równanie:

$$Q_a = 0,0188(P_{zt}^2 - P_{ro}^2)^{1,06}$$

lub

$$Q_b = 1,36(P_{zt}^2 - P_{ro}^2)^{0,65}$$

Powyższe wyniki nie odbiegają od przeciętnych, osiągniętych na innych polach gazowych świata, gdzie 85% wielkości n wahają się w granicach

n od 0,6 do 1,2

Absolutny wolny wypływ gazu ze złoża na danym odwiertcie, tzw. produkcja potencjalna odwiertu, jest jednak pojęciem czysto teoretycznym. Jest to ilość gazu, która wydobyłaby się ze złoża gazowego, gdyby można było na dnie odwiertu stworzyć warunki umożliwiające wypływ gazu wprost w atmosferę. Takich jednak warunków nie można stworzyć w odwiertcie, wobec czego wypływ w atmosferę z głowicy odwiertu będzie zawsze mniejszy, zależnie od głębokości odwiertu, średnicy rur wydobywczych, wielkości produkcji potencjalnej i ciśnienia statycznego w złożu gazowym. Przy małej średnicy rur produkcyjnych, np. przy użyciu do eksploatacji rur syfonowych o średnicy 2" do 1 1/4", wypływ rzeczywisty w atmosferę będzie przy głębokości odwiertu około 1000 m kilka, a nawet kilkadziesiąt razy mniejszy, niż przy rurach produkcyjnych 5 3/8" lub 6 3/8", zależnie od panującego w złożu ciśnienia i produkcji potencjalnej odwiertu.

Racjonalna eksploatacja gazu ziemnego polega na odgazowaniu złoża możliwie równomiernie na całym polu gazowym i tylko w takiej ilości z poszczególnych otworów świdrowych, by obniżenie ciśnienia i temperatury na spodzie odwiertu nie stwarzało warunków ułatwiających przedarcie się wód wierzchnich, okalających lub podścielających, tworzenia się tak w złożu jak i w otworze, wykroplin oraz, by prąd gazu wydobywającego się ze złoża w rury produkcyjne nie niszczył lub szkodliwie nie zmieniał struktury złoża gazonośnego. Zaburzenia w złożu są wynikiem wywiązywania się dużych prędkości przepływu lub obniżenia temperatury na dnie odwiertu, spowodowanych dużą różnicą ciśnień. Jeśli unikamy tych prędkości i obniżenia temperatury — eksploataujemy dobrze. W przeciwnym wypadku — źle.

Dwa odwierty gazowe A i B, o tym samym ciśnieniu złożowym i identycznym potencjalnym wypływie, położone na tym samym polu gazowym — jeśli mają różne charakterystyki wypływu (rys. 2) wyrażone równaniem o różnym wykładniku n, np. n = 0,60 i n = 1,10 innymi słowy, jeśli przedstawiają proste logarytmiczne o różnym nachyleniu do osi y, będą musiały produkować różne ilości gazu na dobę, jeśli chcemy eksploatować je racjonalnie. Również z chwilą

spadku ciśnienia złożowego na polu gazowym o 30 czy 50%, produkcja potencjalna obu odwiertów ulegnie obniżeniu w sposób różny, daleko większy dla odwiertu B aniżeli odwiertu A o mniejszym wykładniku n .

Tę zależność zdolności produkcyjnej odwiertu od wykładnika n najlepiej charakteryzuje wykres (rys. 4). Na rysunku 4 oś odciętych przedstawia wpływ wyrażony w procentach potencjalnej produkcji odwiertu, a oś rzędnych ciśnienie dynamiczne na dnie odwiertu wyrażone w procentach statycznego ciśnienia złożowego. Widzimy na tym wykresie jasno, że obniżając ciśnienie dynamiczne na dnie odwiertu np. na 98% statycznego ciśnienia złożowego czyli o 2%, uzyskujemy różne wpływy z odwiertów, w zależności od wielkości wykładnika n , tj. od charakterystyki odwiertu: dla

- $n = 0,5$ wpływ będzie równy około 20% potencjalnej produkcji
- $n = 0,75$ wpływ będzie równy około 10% potencjalnej produkcji
- $n = 1,00$ wpływ będzie równy około 4% potencjalnej produkcji
- $n = 1,5$ wpływ będzie równy około 2% potencjalnej produkcji
- $n = 2,0$ wpływ będzie równy około 1% potencjalnej produkcji.

By uzyskać wpływ z odwiertów równy np. 20% potencj. produkcji z odwiertu, musielibyśmy obniżyć ciśnienie na dnie odwiertu:

przy wykładniku $n = 0,5$	o około	2%
$n = 0,75$	„	6%
$n = 1,0$	„	11%
$n = 1,5$	„	16%
$n = 2,0$	„	25%

Już z tych przytoczonych wielkości wynika jasno, że objęciowe kryterium określenia poboru gazu wyrażone procentem potencjalnej zdolności produkcyjnej stwarza na spodzie odwiertu o wykładniku wyższym od 1 bardzo niekorzystne warunki, przez znaczne obniżenie ciśnienia dynamicznego, a co za tym idzie i temperatury oraz zwiększenia szybkości gazu w złożu w strefie przyodwiertowej.

Jakie ciśnienie dynamiczne będziemy uważali za najbardziej racjonalne w okresie eksploatacji, jaki pobór gazu przy tym ciśnieniu za dopuszczalny, zależy będzie od struktury horyzontu gazonośnego, od wielkości statycznego ciśnienia złożowego i składu chemicznego gazu ziemnego. Wielkości te można ustalić i obecnie ustala się na podstawie obserwacji zachowania się złoża, kontrolując okresowo proste logarytmiczne poszczególnych odwiertów. Jeśli odwiert jest eksploatowany w sposób racjonalny i nie zachodzą zaburzenia w złożu ani nie tworzą się zasypy na dnie odwiertu czy też wykropliny, prosta przy użyciu współrzędnych logarytmicznych, charakteryzująca dany otwór gazowy nie ulega przesunięciu do osi y lub przez cały okres eksploatacji. Jeśli jednak nastąpiły zmiany położenia prostej w układzie logarytmicznym, to świadczy o tym, że eksploatowaliśmy odwiert w sposób nieracjonalny, choćby tylko w okresach szczytowego poboru gazu, że w złożu i na dnie odwiertu powstały zaburzenia szkodliwe.

Przeprowadzone w ostatnim roku pomiary zasypów i wykroplin na wszystkich prawie odwiertach najzasobniejszego u nas pola gazowego wykazały, że odwierty tego pola eksploatowano okresowo nadmiernie i że powstały zaburzenia w złożu, które znacznie obniżyły potencjalną produkcję wielu odwiertów, pomimo że w zasadzie produkowano gaz z tego pola w sposób racjonalny, przy wysokim przeciwcisnieniu: (dynamicznym).

Wszystkie bowiem pola gazowe powinny być eksploatowane przy użyciu najwyższego przeciwcisnienia, jakie może być utrzymane w horyzoncie gazonośnym, po uwzględnieniu, ekonomiczne strony problemu eksploatacyjnego całego pola. Wysokie ciśnienie eksploatacyjne zwiększa również pojemność sieci gazociągowej i umożliwia pokrywanie szczytowych zapotrzebowań. Ekonomicznie uzasadniona duża ilość otworów gazowych, odwiercona w pierwszej fazie eksploatacyjnej na danym polu gazowym, pozwala nie tylko na uzyskanie rezerw dla normalnego poboru gazu i na racjonalną eksploatację gazu pod wysokim przeciwcisnieniem — ale daje również maksimum wydobywania gazu ze złoża.

Na rozmieszczenie i ilość otworów wiertniczych będą miały zatem wpływ: przemysłowe zasoby gazu ziemnego na da-

nym polu, koszty wiercenia jednego odwiertu czyli głębokość horyzontu gazonośnego, ciśnienie złożowe na początku eksploatacji oraz ustalony, racjonalny plan produkcji gazu z pola, opracowany na podstawie krzywych charakterystycznych poszczególnych odwiertów (proste logarytmiczne).

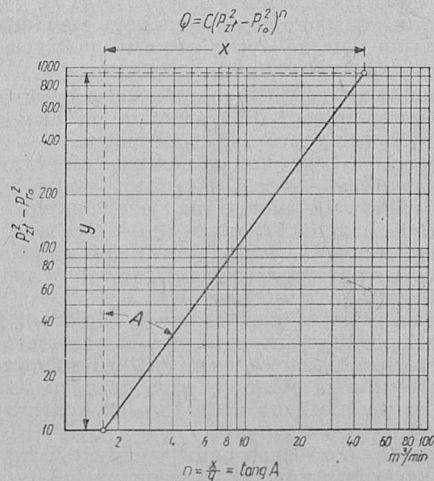
Uważam, że ekonomicznie zupełnie uzasadnioną roczną produkcję gazu, wynoszącą max. 4 do 5% tej ilości gazu, jaka ma być w całości wydobyta ze złoża danego pola gazowego. Inwestycje gazociągowe i tłoczniowe związane z eksploatacją i dystrybucją gazu, pochodzącego z danego pola gazowego, są przeważnie tak kosztowne w stosunku do nakładów na odwiercenie koniecznych ilości otworów świdrowych eksploatacyjnych na tym polu, że okres amortyzacyjny inwestycji dystrybucyjnych nie powinien być krótszy jak 20 do 25 lat, jeśli koszt transportu i dystrybucji gazu nie ma wzrosnąć niepomrotnie, na skutek wysokiej stawki amortyzacyjnej nakładów inwestycyjnych. Przez ten okres 20 do 25 lat powinno pole gazowe być eksploatowane w sposób możliwie równomierny w stosunku rocznym. Stosując na naszych polach gazowych nawet bardzo ograniczony pobór gazu z poszczególnych odwiertów gazowych, przy wysokim przeciwcisnieniu, możemy inwestycje wiertnicze stosunkowo szybko zamortyzować uzyskaną produkcją gazu.

Należy każde złożo gazowe rozwiercić taką ilością otworów świdrowych, by roczny pobór gazu, w ilości około 4 do 5% sumarycznych zasobów przemysłowych tego pola, mógł być dokonywany również i w późniejszym okresie czasu, kiedy ciśnienie złożowe pola spadnie poniżej 50% ciśnienia pierwotnego; kiedy wiercenie dodatkowego otworu świdrowego celem zwiększenia poboru gazu już się na tym polu nie opłaci.

Pokrycia zapotrzebowania na gaz ziemny, wyrażonego w planach gospodarki narodowej, należy, zdaniem moim, szukać nie przez wysoki pobór dopuszczalny, w rodzaju 15 czy 20% potencjalnej produkcji odwiertów, lecz w racjonalnym rozwierceniu posiadanych pól gazowych i poszukiwaniu złożów nowych. Zużycie gazu ziemnego powinno iść u nas równoległe do zwiększonych zasobów gazowych, a aby je uzyskać należy prowadzić intensywne wiercenia poszukiwawcze na nowych terenach.

Niestety od kilku lat, praktycznie biorąc, nie prowadziemy wierceń poszukiwawczych za gazem na terenach nie objętych polami gazowymi. Osiągnięte wyniki powojenne, wyrażone potrojeniem posiadanych zasobów gazu ziemnego w stosunku do 1945 r. uzyskaliśmy przez zrealizowanie tak skromnego programu poszukiwawczego za gazem, że wynik ten, przedstawiający w gospodarce narodowej wartość ponad miliard złotych, powinien nas zachęcić do właściwego opracowania programu wiertniczo-poszukiwawczego za gazem ziemnym — programu niezależnego od poszukiwań za innymi minerałami.

Przechodząc do wniosków wysuniętych przez prof. Wilka, uważam, że część z nich dotyczy zarządzeń, które od kilku lat obowiązują już na polach gazowych, jak np.: wyposażenie odwiertów eksploatacyjnych w rurki syfonowe i dławnice (korki dla przepływu krytycznego), badanie wykładnika n , ograniczenie poboru, czyszczenie odwiertu przed pomiarami oraz przeprowadzenie badań na polu doświadczalnym, od-



Rys. 4.

nośnie zjawisk towarzyszących nadmiernym poborom gazu, które komisja robocza badająca zagadnienia magazynowania gazu zarządziła. Nie podzielam opinii prof. Wilka, że według dotychczasowego stanu wiedzy teoretycznej nie ma wytycznych uzasadnionych naukowo i sprecyzowanych w formie nadających się do codziennej praktyki kopalnianej dla ustalenia maksymalnego dopuszczalnego poboru gazu ze złoża i z poszczególnych odwiertów. Nie ma wzorów matematycznych ustalających dla uniwersalnych warunków maksymalny dopuszczalny pobór gazu z odwiertów — ale są wytyczne nadające się do codziennej praktyki kopalnianej i my obecnie kierujemy się tymi wytycznymi z korzyścią dla ochrony złóż gazowych przed dewastacją.

Przechodzę do wniosku, w którym Autor referatu proponuje wydanie zarządzenia nakazującego stałą eksploatację gazu tylko rurkami syfonowymi, a uznającego za niedopuszczalne okresowe syfonowanie odwiertu. Jest to prawdopodobnie przeoczenie ze strony prof. Wilka. Miał pewnie na myśli rurki produkcyjne, a nie syfonowe. Syfonowymi rurkami nie można bowiem eksploatować odwiertów z większą produkcją potencjalną, o czym już wspominałem. Okazało się poza tym, że instalacje urządzeń syfonowych nie zawsze są najlepszymi, najbardziej ekonomicznymi urządzeniami dla rozwiązania problemu produkcji gazowej nawet na odwiertach zawodnionych. Na takich odwiertach niejednokrotnie lepsze rezultaty daje odpowiednie utrzymanie i kontrola przeciwcisnienia.

Propozycję prof. Wilka, by próbki pobierać w sposób ciągły i badać je stale na zawartość gazoliny, płynu, a w szczególności wody oraz cząstek złoża — uważam za uciążliwą dla ruchu. Musiałaby być pobierana stale z każdego odwiertu gazowego — bo pobierana ze złoża jako całości byłaby bezcelowa. Stałe pobieranie próbki nie da żadnego efektu, gdyż zawartość gazoliny i wody w gazie nie zmienia się w odwiercie w sposób raptowny i zdaje mi się, że praktycznie nie będzie prowadzić okresowe badania, co miesiąc lub kwartał.

Mgr inż. JULIUSZ KACZOROWSKI
Mgr inż. WŁADYSŁAW KOŁODZIEJ

Magazynowanie gazu ziemnego pod ziemią i wyniki polskich prób w tym kierunku

Wzrastające szybko zapotrzebowanie gazu ziemnego dla przemysłu a zwłaszcza dla gospodarstw domowych, które jest główną przyczyną powstawania szczytów dobowych i sezonowych, konieczność pokrycia tych szczytów, zabezpieczenie dostaw gazu przed skutkami awarii gazociągów, postulat zwiększenia rocznej dostawy gazu przy danej przepustowości urządzeń przesyłowych — jako jeden z głównych warunków obniżenia kosztów przesyłania gazu, zwiększające się koszty budowy gazociągów — oto główne problemy gazownictwa ziemnego, które w dużej mierze rozwiązuje magazynowanie gazu pod ziemią.

Ogólnie biorąc, zaspokojenie wymogów stawianych układowi produkcyjno-przesyłowemu odnośnie pokrycia szczytów da się rozwiązać trzema różnymi sposobami:

- 1) Przez wybudowanie układu o zdolności produkcyjno-przesyłowej wystarczającej dla zaspokojenia wszystkich potrzeb przewidywanych w okresie szczytu;
- 2) Przez zawarcie z pewnymi odbiorcami umów na przerwianą dostawę gazu, to jest taką, która może być ograniczona lub całkowicie przerwana, jeżeli ządzie potrzeba zabezpieczenia ciągłości dostaw dla stałych odbiorców;
- 3) Przez przygotowanie magazynów lub innego rodzaju scentralizowanych urządzeń rezerwowych w celu uzupełnienia maksymalnych dostaw.

Pierwszy sposób jest względnie pewny ale drogi, gdyż duża część zdolności produkcyjno-przesyłowej pozostaje niewykorzystana w czasie długich okresów małego zapotrzebowania.

Drugi sposób zmusza odbiorcę albo do ograniczenia produkcji, albo do podniesienia dodatkowych kosztów na przygotowanie urządzeń zastępczych.

Trzecia metoda, poza sposobami wymienionymi w punkcie trzecim, obejmuje również wyrównywanie szczytowych zapotrzebowań pojemnością gazociągową, jeżeli przygotowanie jej wymaga tylko umiarkowanych kosztów. W przeciw-

Z przyczyn szeroko uzasadnionych w koreferacie nie popieram również wniosku prof. Wilka, by do czasu ustalenia norm najwyższego dopuszczalnego poboru — zwiększyć indywidualnie dopuszczalny pobór do 15% na okres próbny na tych odwiertach, na których niebezpieczeństwo zawodnienia nie istnieje lub jest minimalne.

Ze swej strony, w oparciu o referat i koreferat, proponuję rozważenie na obecnej konferencji następujących wniosków:

- 1) Wobec wzrastającego, koniecznego dla planowej gospodarki narodowej zapotrzebowania na gaz ziemny, na naczelne miejsce wysuwa się konieczność wykonywania niezależnych planowych robót wiertniczo-poszukiwawczych za gazem ziemnym w oparciu o wskazania geobadawcze. Dotychczasowe poczynania w tym zakresie są niewystarczające, a zasada racjonalnej eksploatacji złóż gazowych nie pozwala pobierać nadmiernych ilości gazu z odwiertów gazowych na pokrycie zapotrzebowania.
- 2) Należy pola gazowe rozwiercać w pierwszej fazie eksploatacji taką ilością odwiertów, by racjonalnie planowany roczny pobór gazu z danego pola mógł być realizowany w pełni także w okresie, gdy ciśnienie złożowe pola ulegnie znacznemu obniżeniu.
- 3) Do chwili odkrycia i rozwiercenia nowych pól gazowych, należy planować pobór gazu z istniejących w wysokości nie większej niż dopuszczalny pobór gazu, pomniejszony o współczynnik bezpieczeństwa ruchu oraz o konieczną rezerwę dla pokrycia poborów szczytowych.
- 4) Należy przeszkolić praktycznie grupę inżynierów naft. w dziedzinie eksploatacji gazów pod wysokim ciśnieniem i powierzyć im nadzór nad produkcją na poszczególnych polach gazowych.
- 5) Należy powołać komisję przy Stow. Inż. i Techn. Przemysłu Naftowego, która by się zajęła ujednoliceniem słownictwa dotyczącego gazownictwa ziemnego.

nym wypadku praktyczniej będzie przejść na przygotowanie osobnych urządzeń do magazynowania.

Gazownie miejskie pokrywają szczyty chwilowe przy pomocy nadziemnych zbiorników niskiego ciśnienia, które dla gazownictwa ziemnego nie mają praktycznego zastosowania ze względu na zbyt małą, w stosunku do potrzeb, pojemność. Nowsze metody stosowania do tych celów zbiorników wysokiego ciśnienia zakopanych w ziemi mają podobne wady.

Eksperyment magazynowania gazu ziemnego w stanie płynnym, przeprowadzony kilka lat temu w Stanach Zjednoczonych, doznał niepowodzenia i metoda ta, przynajmniej chwilowo, nie jest brana pod uwagę w szerszym zakresie.

Magazynowanie gazu pod ziemią rozwiązuje tyle problemów odnośnie najbardziej efektywnej produkcji, przesyłania i sprzedaży gazu, że powinno stanowić przedmiot szczególnej uwagi i zainteresowania przemysłu gazowniczego.

W zasadzie magazynowanie gazu ziemnego pod ziemią polega na przeniesieniu gazu z jego rodzimego miejsca w złożu gazowym lub ropnym do innego naturalnego zbiornika, położonego zwykle blisko miejsc wielkiego zużycia gazu, w celu przechowania go, a przez to pełniejszego wykorzystania zdolności produkcyjnej kopalń gazu i przepustowości sieci przesyłowej. Gaz jest przesyłany ze źródeł do magazynu w okresach niskich obciążeń, a wydobywany w okresach szczytowych zapotrzebowań.

Poza zasadniczym zadaniem wyrównywania szczytowych zapotrzebowań układu produkcyjno-przesyłowego należy podkreślić inne korzystne momenty magazynowania gazu pod ziemią.

- 1) Dzięki cyklowi wtłaczania i wydobywania gazu magazynowanego, podwyższa się współczynnik wykorzystania układu produkcyjno-przesyłowego.

- 2) Magazynowanie umożliwia ciągłą dostawę dla wszystkich odbiorców, bez potrzeby uciekania się do zawierania umów na „przerwaną” dostawę gazu z częścią przemysłowych odbiorców.
- 3) Magazynowanie gazu podczas okresów małego zapotrzebowania jest nie tylko gromadzeniem gazu objętościowym ale i koncentracją energii ciśnienia, która może być potem wykorzystana przy wtłaczaniu gazu do układu przesyłowego bez potrzeby dodatkowego sprężania.
- 4) Elastyczność układu przesyłowego, zwiększona dzięki magazynowaniu, jest szczególnie pożyteczna tam, gdzie do gazociągu podłączone są liczne odwierty gazowo-ropne o niskim ciśnieniu i małej wydajności, będące na wyczerpaniu. Mogą być one eksploatowane w sposób ciągły i umiarkowany zamiast w sposób gwałtowny i przez krótkie okresy, co jest nieekonomiczne.
- 5) Jeżeli podziemny magazyn jest do dyspozycji, można uniknąć marnotrawstwa gazu towarzyszącego ropie, gdyż magazynowanie umożliwia intensywną produkcję ropy bez konieczności wypuszczania gazu w powietrze.
- 6) Magazynowanie gazu umożliwia bardziej równomierną eksploatację złoża gazu rodzimego.
- 7) Przez magazynowanie gazu stwarza się rezerwę gazu na wypadek awarii urządzeń przesyłowych i zmniejsza zasięg jej skutków.

Reasumując, należy stwierdzić, że magazynowanie pozwala na pracę przy wysokim prawie 100% współczynniku wykorzystania układu produkcyjno-przesyłowego, a to z kolei pozwala na projektowanie, budowę i eksploatację przy maksymalnej wydajności. Pozwala ono na równomierny pobór gazu ze źródeł i eliminuje instalowanie przez odbiorców systemów dwupaliwowych (gaz i ropę względnie gaz i węgiel).

Korzyści te osiąga się, jeżeli możliwe jest magazynowanie gazu w wielkich ilościach, dostawa z magazynu w wysokich dawkach i jeżeli magazyn położony jest blisko rynku zbytu.

Rozważmy szczegółowo, jakim warunkom technicznym i ekonomicznym winien odpowiadać magazyn podziemny, by spełnić swe zadanie. Wymogi te można określić w następujących ważniejszych punktach:

- 1) Fizyczna struktura złoża musi być taka, by zapewniła złożu szczelność, tj. by uniemożliwiła utratę znaczniejszych ilości gazu.
- 2) Warunki wodne w złożu winny być takie, by w wypadku obecności wody, możliwe było jej odepchnięcie przy wtłaczaniu gazu i pełna kontrola nad nią przy wydobywaniu gazu.
- 3) Wymagana jest duża porowatość skały magazynu, by mogła wchłoniąć znaczne ilości gazu i dużą przepuszczalność, tj. zdolność do łatwego wchłaniania gazu w wielkich ilościach i jego oddawania również w wielkich ilościach.
- 4) Magazyn winien mieć wystarczającą pojemność w stosunku do ilości potrzebnego tzw. gazu „poduszkowego”.
- 5) Dawki eksploatacyjne powinny być wysokie w stosunku do pojemności zbiornika, tym bardziej, że jak doświadczenie wskazuje, dawki wtłoczeniowe są zwykle znacznie wyższe niż dawki eksploatacyjne.
- 6) Wielkość i charakterystyka operacyjna magazynu powinna być taka, by ciśnienia mogły być odbudowywane dostatecznie wysoko i szybko tak, by możliwe było oddawanie gazu do układu przesyłowego bez niepotrzebnie wielkiego dodatkowego sprężania.
- 7) Złoże magazynowe powinno być wolne od szkodliwych płynów względnie obcych substancji, które związałyby się z gazem wymagałyby kosztownych operacji oddzielających w czasie eksploatacji.
- 8) Ważnym czynnikiem wpływającym na koszty inwestycyjne magazynowania jest odległość zbiornika magazynowego od rynku zbytu, stacji kompresorowych i magistrali gazociągowej.

Oczywiście podane wyżej punkty nie wyczerpują całości warunków dla każdego przypadku. Mogą one być różne dla poszczególnych przypadków i o ostatecznym powodzeniu przedsięwzięcia zadecyduje właściwie zharmonizowanie wszystkich okoliczności danego przypadku. Na ogół można rozróżnić 3 typy magazynów podziemnych:

- 1) W naturalnych lub sztucznych jaskiniach lub opuszczonych kopalniach. Sztuczne mogą być wykute w gęstej skale wapiennej lub podobnej formacji, przy czym ściany wewnętrzne muszą być uszczelnione.
- 2) W wyczerpanych, lub częściowo wyczerpanych złożach gazowych, leżących w odpowiedniej odległości od rynku zbytu. Ten typ jest najczęstszy.
- 3) W zawodnionych, względnie wodonośnych, odpowiednich pokładach na zamkniętych antyklinach. Te pokłady,

głęboko leżące, są podobne do takich, w których znajduje się ropę lub gaz, jakkolwiek nigdy ich nie miały — tylko wodę.

Najczęściej na magazyn podziemny wybiera się przepuszczalne formacje piaskowca lub wapienne, zamknięte przez nieprzepuszczalne otaczające skały lub inne czynniki, jak np. wodę — formacje uprzednio wypełnione gazem lub pewnym płynem, które do pewnego stopnia zostały wyczerpane. Pożądanym jest by formacje te miały raczej większą miąższość niż cienką warstwę o dużej powierzchni. Jakkolwiek wyczerpane pokłady ropne są używane z powodzeniem na zbiorniki magazynowe, lepiej jest, jeżeli pokład magazynowy nie zawiera ropy, wody lub innego płynu, który mógłby przeszkadzać operacjom magazynowym. Jeżeli zbiornik pracuje w warunkach tzw. hydraulicznych, woda w pokładzie może być użyta z korzyścią, nie tylko jako uszczelnienie ale i jako czynnik podtrzymujący do pewnego stopnia ciśnienie gazu magazynowanego, przez powolne postępowanie w miarę opróżniania zbiornika z gazu.

Złoże powinno być położone w wystarczającej głębokości, by zagwarantować pewność i bezpieczeństwo, kiedy zostanie zamagazynowana maksymalna ilość gazu z wynikającym stąd wysokim ciśnieniem. Wielkość magazynu pod względem objętości całkowitej ma duży wpływ na jego elastyczność manipulacyjną. Zbyt duże wymagają wielkiej ilości gazu „poduszkowego”, tj. gazu utrzymywanego stale w magazynie przy pewnym podstawowym ciśnieniu, umożliwiający dawkowanie wielkich ilości gazu przy dostatecznym ciśnieniu. Gaz „poduszkowy” można by inaczej określić jako zamagazynowaną energię. Zbyt wielki magazyn wymaga właśnie zbyt wielkiej ilości gazu „poduszkowego” lub obniża wartość gazu przez utratę przezeń energii i powoduje zmniejszenie ciśnienia w gazociągu. Takie magazyny nie pozwalają na efektywną manipulację. Najlepszy jest taki, który daje gaz w dawce potrzebnej, by zaspokoić dzienne szczyty i jest dość wielki, by pomieścić objętość, wystarczającą na cały sezon.

Ciśnienia w magazynach podziemnych mają ten sam wpływ na eksploatację gazu magazynowanego, jaki posiadają one w złożach zawierających gaz rodzimy. Spadek ciśnienia przy podobnych ilościach wydobywanego gazu jest bardzo zbliżony. Ciśnienia robocze wahają się w bardzo szerokich granicach; dla początkowych ciśnień wtłaczania od ok. 0,6 atn do 29 atn, a dla końcowych od ok. 1,5 atn do 226 atn przy szczytce cyklu wtłaczania (dane zagraniczne). W zasadzie górną granicę ciśnienia stanowi ciśnienie gazu rodzimego, ale rozważa się możliwość stosowania ciśnień wyższych, jakkolwiek u wielu gazowników celowość tego budzi wątpliwości i obawy. Problem ten jest w stadium badań i prawdopodobnie dojdzie się do przekonania, że w najlepszym wypadku rzecz będzie musiała być traktowana indywidualnie.

Jak z powyższego wynika niektóre złoża pracują efektywnie przy całkiem niskich ciśnieniach, inne zaś przy bardzo wysokich.

Należy dążyć do rozpoczęcia magazynowania w danym złożu zanim jego rodzime ciśnienie nie obniży się zbyt. Może to bowiem spowodować uszkodzenie złoża przez podciągającą wodę, a ponadto konieczność wprowadzenia znacznej większej ilości gazu „poduszkowego”, stanowiącego poważny wkład inwestycyjny, którego można uniknąć.

Jakkolwiek wtłoczony gaz nie jest bezpowrotnie stracony, ponieważ będzie go można odzyskać, szczerpując go do poziomu ciśnienia z okresu przed magazynowaniem, po zdecydowaniu zaprzestania magazynowania, to jednak stanowi on wkład inwestycyjny, od którego trzeba płacić stawki amortyzacyjne.

Jeżeli magazynowanie rozpocznie się przed zbytnim obniżeniem ciśnienia rodzimego, można w krótkim czasie oddać magazyn do ruchu, podczas gdy zbytnio wyeksploatowane złożo wymaga nierzadko wtłaczania gazu przez kilka lat, celem odbudowy potrzebnego ciśnienia i ilości gazu.

Pomijając wstępne prace przygotowawcze, obejmujące między innymi kontrolę i remont odwiertów na polu magazynowym, początkowe operacje magazynowe polegają w zasadzie na wtłaczaniu gazu do całkowicie lub częściowo wyczerpanego złoża gazowego lub ropnego pod wymaganym ciśnieniem. Zwykle potrzebne jest do tego celu zainstalowanie dodatkowych kompresorów, jakkolwiek w niektórych wypadkach jest możliwe wtłaczanie gazu do magazynu wprost z wysokociśnieniowego układu przesyłowego podczas okresu małego zapotrzebowania gazu. Wprawdzie koszty rosną ze wzrostem ciśnienia wtłaczania, to jednak kompensuje to okoliczność, że wysokie ciśnienie magazynowe pozwala na intensywną eksploatację i na wprowadzenie gazu magazynowego do układu przesyłowego przy mniejszym dodatkowym sprężaniu.

Kluczowym zagadnieniem ruchowym magazynowania jest zagadnienie wydatku, tym bardziej, że zwykle dawki eksploatacyjne są znacznie niższe od dawek wtłoczeniowych. Istnieją określone związki między ciśnieniami roboczymi, efektywną pojemnością zbiornika i dawkami eksploatacyjnymi. Pewne określone dawki eksploatacyjne można osiągnąć tylko przy pewnym określonym zakresie ciśnień ograniczonym od dołu przez niebezpieczeństwo wdzierania się wody, a od góry przez niebezpieczeństwo formowania się hydratów na dnie odwiertu. Wydatek możliwy do osiągnięcia zależy od ilości, wielkości i rozmieszczenia odwiertów. Wprawdzie część stojącego do dyspozycji gazu w zbiorniku może być eksploatowana w przyspieszonym tempie, to jednak osiąga się to tylko kosztem późniejszej zdolności eksploatacyjnej. Znaczy to, że w wypadku zbyt intensywniej eksploatacji w początkowym okresie sezonu zimowego zmniejsza się zarówno późniejszą zdolność eksploatacyjną, jak i „potencjał” pozostałej objętości gazu. W rezultacie na koniec zimy może gazu zabraknąć.

Korzyści prowadzenia ruchu magazynu podziemnego przy wysokich ciśnieniach obrazuje przykładowo zestawienie dotyczące jednego z zagranicznych magazynów gazu ziemnego.

Ciśnienie w atn.	Maksymalny dzienny wydatek w m ³
70	710.000
63	620.000
56	480.000
49	400.000
35	230.000
28	110.000

Celem bliższego określenia zależności między rezerwą magazynową a przybliżonym dziennym wydatkiem, podajemy kilka przykładów, zaczerpniętych z czasopism zagranicznych.

Dla magazynu podziemnego w wyczerpanym piaskowcowym złożu gazowym, podane są następujące cyfry:
Ilość gazu „poduszkowego” — ok. 680 milionów m³
Ilość gazu „pracującego” — ok. 640 milionów m³, tj. ta ilość gazu, która będzie mogła być wydobyta w razie potrzeby; Całkowita pojemność magazynu — ok. 1320 milionów m³. Dzienny wydatek ok. 5.700.000 m³, tj. ok. 4000 m³/min. z 70 odwiertów. Stanowi to ok. 0,9% zapasu gazu „pracującego”. Cykl roczny obejmuje wtłaczanie ok. 640 milionów m³ gazu w ciągu 8 miesięcy letnich, przy czym złożo osiąga swoje ciśnienie rodzime ok. 141 atn. oraz eksploatację tej ilości w ciągu ok. 4 miesięcy zimowych.

Projekt magazynu w wodonośnym piaskowcu kambryjskim przewiduje objętość gazu „poduszkowego” ok. 2.540 milionów m³, tyleż gazu „pracującego” i dzienny wydatek 42,5 milionów m³, tj. ok. 1,7% zapasu gazu pracującego.

Magazyn w pewnym wyczerpanym wapiennym złożu ropnym został zapoczątkowany w r. 1953. Wtłaczanie rozpoczęło z gazociągu przy 20 atn ciśnienia do magazynu o ciśnieniu 9,1 atn.

Początkowo przy tym ciśnieniu wtłaczano 260.000 m³ dziennie (180 m³/min.) przez 2 odwierty, następnie kompresorami wtłoczono około 50 milionów m³, uzyskując ciśnienie 70 atn. Eksploatowano kilkakrotnie przy wydatku dziennym 1.280.000 m³ tj. ok. 890 m³/min. (z 2 odwiertów). Stanowiło to ok. 2,6% zapasu magazynowego. Po dalszym wtłaczaniu w ciągu 3 miesięcy r. 1954 ocenia się, że dzienny wydatek z 2 odwiertów wyniesie ok. 1.700.000 m³ przy eksploatacji do gazociągu przesyłowego, w którym panuje ciśnienie ok. 28 atn. W sumie zamagazynuje się w tym złożu ok. 170 milionów m³ gazu przy ciśnieniu ok. 225 atn. Na gaz „poduszkowy” potrzeba będzie ok. 57 milionów m³ gazu. Normalny cykl magazynu będzie obejmował wtłoczenie ok. 113 milionów m³ w ciągu 8 miesięcy oraz eksploatację tej samej ilości w ciągu 4 miesięcy. Dzienny wydatek stanowi ok. 1% zapasu gazu „pracującego”.

Podobny procent przewiduje się dla innego magazynu, w którym zamagazynuje się ok. 3 miliardy m³ gazu, z czego ok. 1,7 miliarda może być wyeksploatowanych w okresie zimowym. Średni dzienny wydatek dla 58 czynnych magazynów, o łącznym zapasie gazu „pracującego” ok. 60 miliardów m³ wynosi ok. 0,8%.

Podstawą do wstępnej oceny przyszłego zachowania się złoża magazynowego powinna być kompletna historia złoża z jego okresu produkcyjnego. W szczelnym, należyście przygotowanym złożu, ciśnienie będzie się odbudowywało proporcjonalnie do ilości gazu wtłaczanego, w sposób ściśle odpowiadający spadkowi ciśnienia w okresie produkcji gazu rodzimego. Stwierdzono jednak, że pewne cechy, charakteryzujące zdolność magazynową niektórych zbiorników

szczelnych i nie narażonych na wpływ wody okalającej, dały poprawy wskutek powtarzania cyklu wtłaczania i eksploatacji. Poprawa ta wyrażała się liczbą dochodzącą do 10%.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można powiedzieć, że nie ma reguły, przy pomocy której można by dokładnie określić stosunek dawek wtłoczeniowych do dawek eksploatacyjnych. Każde złożo ma swoje własne cechy charakterystyczne, które decydują o objętości potrzebnego gazu „poduszkowego” i o tym, ile gazu „pracującego” potrzeba mieć w magazynie, by zasilić rynek zbytu w sezonie zimowym. W wielu wypadkach gaz „poduszkowy” wynosi przynajmniej połowę całkowitej objętości gazu w zbiorniku wypełnionym.

Nawet starannie przeprowadzone badania wstępne nie pozwalają przeprowadzić dokładnie zachowania się złoża. Jest to możliwe dopiero po ukończeniu przynajmniej jednego cyklu wtłaczania i eksploatacji. Dlatego ważną jest rzeczą kontrolować stale gaz wtłaczany i eksploatowany w odniesieniu do towarzyszących mu zmian ciśnienia. Te dane należy następnie porównać z zapisami poprzedniej produkcji i ciśnień złoża.

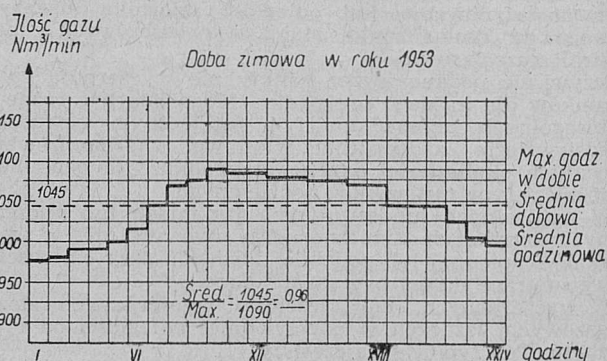
Pierwszym pomyślnie zrealizowanym eksperymentem magazynowania gazu pod ziemią był magazyn w Welland County, Ontario w Kanadzie w roku 1915, następnym w r. 1916 w złożu Zoar w Stanie Nowy Jork.

Odtąd równoległe ze wzrostem zapotrzebowania na gaz rozwija się w Stanach Zjednoczonych magazynowanie gazu pod ziemią, przy czym rozwój staje się gwałtowny po drugiej wojnie światowej. Dla zobrazowania jakie duże znaczenie przywiązuje się tam do podziemnego magazynowania, podajemy kilka cyfr.

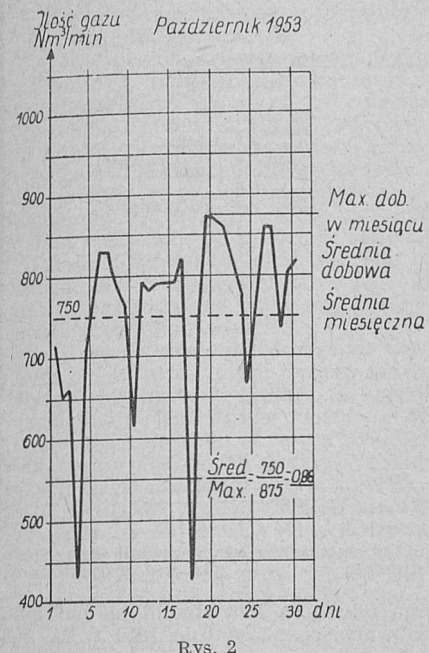
W okresie od roku 1944 do 1953 ogólna pojemność magazynowa wzrosła z 3,83 miliarda do 50 miliardów m³; magazyny w budowie dadzą dalszych 9 miliardów m³ pojemności. Przy końcu roku 1953 było czynnych 167 zbiorników magazynowych. W roku 1953 wtłoczono do magazynów 11,4 miliarda m³ gazu a wyeksploatowano 6,6 miliarda m³. Z ogólnej pojemności 28 miliardów m³ stanowił gaz „pracujący”, 14 miliardów gaz „poduszkowy” a 7,5 miliarda gaz rodzimy. Wyrazem znaczenia magazynowania jest stały wzrost inwestycji na ten cel. Dla zobrazowania korzyści, jakie daje magazynowanie podajemy, że magazyn wspomniany poprzednio w wodonośnym piaskowcu będzie kosztował ok. 50 milionów dolarów. Ocenia się, że trzeba by zbudować 3 nowe większe układy gazociągów kosztem 550 milionów dolarów, by zastąpić zbiorniki magazynowe.

Jak z powyższego wynika, problem magazynowania pod ziemią nabiera znaczenia o charakterze zasadniczym. Otwierają się przed nim dalsze horyzonty w związku z zastosowaniem do magazynowania gazu płynnego i gazu węglowego. Na temat magazynowania gazu ukazała się w roku 1950 praca prof. inż. Zdzisława Wilka pt. „Magazynowanie i transport gazu ziemnego”, wydana przez Instytut Naftowy, w której to pracy autor omawia magazynowanie gazu w złożach w pobliżu dużych ośrodków konsumpcji gazu.

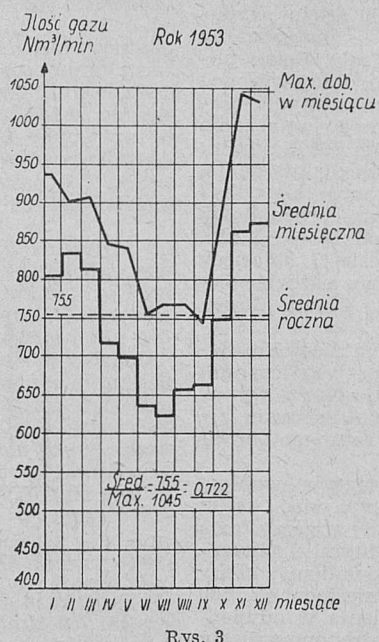
Z kolei przedstawimy zagadnienie magazynowania gazu ziemnego w Polsce. Jak wiadomo — zapotrzebowania na gaz ziemny dostarczany z gazociągów dalekosieźnych są zmienne. Są one znacznie wyższe w zimie niż w lecie, wyższe w dni robocze niż świąteczne i wyższe w godzinach rannych niż nocnych. Przebieg tych zmian przedstawiono na załączonych wykresach. W szczególności rys. 1 przedstawia przebieg dostaw gazu ziemnego w okresie doby zimowej. Zmienność dostaw w okresie doby powodują głównie odbiorcy domowi i jedno- oraz dwuzmianowy przemysł. Na rys. 2 przedsta-



Rys. 1, 2, 3 — Przebieg dostaw gazu ziemnego.



Rys. 2



Rys. 3

wiono przebieg średnich dobowych dostaw gazu w okresie października 1953 r. Zmiany w okresie miesięcznym powodują głównie święta i nierównomierność w poborze gazu, związana ze zmianami w produkcji odbiorców — a w miesiącach zimowych — także zmiany temperatury otoczenia. Na rys. 3 przedstawiono przebieg średnich dostaw gazu w poszczególnych miesiącach roku 1953 — z zaznaczeniem maksymalnych dostaw dobowych w każdym miesiącu. Jak widać z rys. 3 średnia roku 1953 stanowi 72,2% średniej doby o największej dostawie. Trzeba tu dodać, że — ściślej biorąc — należałoby rozpatrywać stosunek średniej rocznej dostawy do szczytu godzinowego. Ponieważ jednak szczyty godzinowe pokrywa się w dużej mierze pojemnościami gazociągów, ograniczono się do szczytów dobowych.

Z wykresu wynika, że w roku 1953 na pokrycie maksymalnych zapotrzebowań dobowych trzeba było około 1045 Nm³/min. — podczas gdy średnia roczna dostawa wynosiła tylko 755 Nm³/min. Znaczy to, że przy nierównomiernym poborze gazu przez odbiorców można było dostarczyć ze złóż tylko 72,2% tej ilości, jaka była do dyspozycji.

Jak wiadomo, dopuszczalna krajowa produkcja gazu ziemnego i import nie wystarczały ubiegłej zimy na pokrycie szczytów dobowych. Wobec tego trzeba było wystąpić z bardzo niepopularną propozycją o zezwolenie władz na przekraczanie dopuszczalnej produkcji kopalń gazu w okresie od 1. XII. 1953 do 31. III. 1954 r. W dyskusjach prowadzonych na temat z zainteresowanymi władzami i instytucjami wskazywano na niebezpieczeństwo uszkodzenia odwiertów zwiększoną ponad normę produkcją i postawiono zarzut, że nie szuka się innych sposobów pokrycia szczytów, lecz idzie się drogą najmniejszego oporu.

W listopadzie 1953 r. przedstawiliśmy projekt racjonalizatorski magazynowania letnich i świątecznych nadwyżek gazu ziemnego w złożu gazowym R. i wykorzystywania ich na pokrycie szczytów zimowych, ażeby nie dopuścić w przyszłości do stosowania takich ryzykownych środków, nie hamować w przyszłości rozwoju gazownictwa ziemnego wskutek trudności w pokryciu szczytów oraz stworzyć poważniejszą rezerwę na wypadek awarii w krajowych urządzeniach gazowych, lub na wypadek chwilowego ograniczenia importu.

Za wyborem złoża R. na magazynowanie nadwyżek gazu ziemnego przemawiały:

- 1) Odpowiednia dla naszych celów pojemność i budowa złoża dzielącego się na kilka odrębnych bloków.
- 2) Dogodne położenie złoża, mianowicie blisko głównej rozdzielni gazu, gdzie zbiega się 5 gazociągów dalekosiężnych oraz blisko dużego rynku zbytu, jaki stanowi przemysł naftowy i opał domowe na Podkarpaciu.
- 3) Dobry stan technicznych odwiertów, które wytrzymywały ciśnienie ponad 100 atm.

- 4) Dobra znajomość geologicznej budowy złoża i zachowania się go w czasie eksploatacji.

Produktywną strefą pola R. jest drugi piaskowiec ciężkowicki o miąższości od 40—60 m, izolowany w spągu i stropie nieprzepuszczalnymi warstwami łupków. Złoże R. jest poprzecinane licznymi uskokami. Największe z nich na wschód od odwiertu P-7 i na zachód od odwiertu K-7 dzielą pole na trzy bloki tektoniczne — zachodni, środkowy i wschodni.

Z tych trzech bloków wybraliśmy na magazynowanie blok środkowy, głównie ze względu na najniższe ciśnienie złożowe i najbliższą odległość od gazociągu, z którego nadwyżki byłyby wtłaczane do złoża jak i gazociągu, odprowadzającego gaz pobierany ze złoża. Ponadto blok ten, ze względu na swoją stosunkowo niewielką pojemność, wystarczającą jednak dla naszych celów dawał możliwość uzyskania znaczniejszych zmian ciśnienia, zwłaszcza w okresie prób, przy wtłaczaniu i pobieraniu gazu, bez konieczności użycia do tego zbyt wielkiej ilości gazu. Z blokiem środkowym związane są odwierty gazowe P. 1,2,3,4,5,6,9,10 i odwierty ropno — gazowe 8 oraz 14. Charakterystykę tych odwiertów podano w tablicy 1.

Jak widać z tablicy — poszczególne odwierty różnią się poważnie, zarówno co do początkowej produkcji potencjalnej — 813 i 60 Nm³/min., jak i co do sumarycznego wydobycia gazu — 143,845 i 39.030 tys. Nm³ gazu. Także pobór gazu powodujący spadek ciśnienia złożowego o 1 atm. jest różny i wynosi od 480.000 Nm³ w odwiercie P-1 do 1565 tys. Nm³ w odwiercie P-5. Łączny pobór gazu z 9 odwiertów, który w czasie eksploatacji z bloku środkowego powodował średni spadek ciśnienia 1 atm., wynosi ok. 7.000 tys. Nm³.

Odwracając to zagadnienie należałoby oczekiwać wzrostu ciśnienia złożowego o 1 atm. po wtłoczeniu ok. 7 mio Nm³ gazu — zatem przy różnicy między ciśnieniem w gazociągu tłoczącym a ciśnieniem w złożu wynoszącej 9 atm — można by teoretycznie biorąc — zmagazynować w omawianym bloku 63 mio Nm³ gazu ziemnego. Praktycznie, ze względu na to, że rzeczywista ilość gazu wyprodukowanego na 1 atm. w stadium końcowym eksploatacji w jakim znajduje się złoże R. jest mniejszą od średniej należy się liczyć z mniejszą ilością magazynowanego gazu w strefie niskich ciśnień. Należy rozważyć jeszcze, czy z omawianego bloku można będzie pobierać odpowiednio wielkie ilości gazu. Można by się tu

Tablica 1

Odwiert	Głębokość	Data dowie- cenia	Maks. ciś. głow. atm.	Pocz. prod. potenc. Nm³/min	Sumar. pobór gazu do VI. 54 tys. Nm³	Ciś. głow. VII. 54 atm	Pobór na 1 atm. spadku ciś. tys. Nm³
P-1	1043,0	VII.31	111	195	47.160	12,8	480
P-2	1009,6	VI.32	114	240	79.960	12,6	790
P-3	1002,9	XI.33	112	110	76.320	14,2	777
P-4	1015,0	VI.34	112	250	61.905	14,2	633
P-5	1024,5	XI.34	105	813	143.845	12,65	1.565
P-6	1062,5	I.35	104	60	45.993	12,43	502
P-8	1064,5	VI.37	102	201	39.030	produkuję ropę	
P-9	1004,4	VII.38	87,7	208	56.203	14,7	770
P-10	1008,3	VII.38	88,2	344	62.356	14,9	850
P-14	1027,90	IV.39	76,0	250	43.220	13,2	686
Razem:					655.992		7.053

oprzeć na praktycznych danych. W roku 1940 średni wydatek gazu z odwiertów wyżej wymienionych — maksymalny zresztą w historii bloku — wyniósł 197 Nm³/min. Pobór powyższy stanowił 13,2% produkcji potencjalnej. Ponieważ pobór podanych ilości gazu nie wywołał złych skutków (zasy) — można przyjąć, że granice maksymalnego wtłaczania wzgl. pobierania gazu ze złoża będą zbliżone do 200 Nm³/min.

Opierając się na powyższych danych i uwzględniając to, że wtłaczanie oraz pobieranie gazu ze złoża może się odbywać w naszych warunkach, w pierwszym etapie rozbudowy magazynu, przy ciśnieniach w granicach od 14 — 26 atn, zaproponowaliśmy zmagazynowanie w okresie 7 miesięcy danego roku, tj. od połowy kwietnia do połowy października ok. 30 mio Nm³ gazu, a ponadto w niedziele i święta okresu zimowego dalszych 3 mio Nm³ gazu.

Ponieważ o wielkości rocznego obrotu gazem ziemnym decydował wówczas w naszych warunkach współczynnik wykorzystania złóż — zmagazynowanie 33 mio Nm³ i wykorzystanie ich na pokrycie zwiększonych zapotrzebowań zimowych było równoznaczne ze zwiększeniem rocznego obrotu gazem.

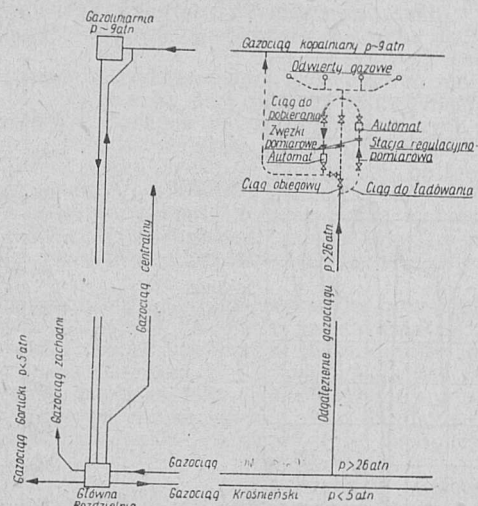
W Polsce nie mamy doświadczenia z magazynowaniem gazu ziemnego pod ziemią; zaproponowaliśmy więc, ażeby przed rozpoczęciem magazynowania na skalę przemysłową przeprowadzić próbne magazynowanie w jednym z odwiertów omawianego bloku środkowego. Proponowaliśmy, ażeby w czasie próby zmagazynować w okresie miesiąca ok. 500 tys. Nm³ gazu i mierzyć podczas próby ciśnienia w odwiertach sąsiednich. Zmagazynowaną ilość gazu proponowaliśmy pobrać w okresie ok. 2 tygodni przy przepływie ok. 20 Nm³/min. W projekcie podaliśmy układy połączeń gazociągów konieczne zarówno dla magazynowania przemysłowego jak i próbnego, sposoby pomiaru ilości gazu wtłaczanego i pobieranego oraz sposób automatycznego przeczucania magazynu na wtłaczanie i pobór gazu — w zależności od ciśnienia gazociągu.

Projekt magazynowania był rozpatrywany przez Komisję Wynalazczości Centralnych Zarządów Gazownictwa i Przemysłu Naftowego oraz przez Zespół Roboczy dla zwiększenia produkcji gazu ziemnego powołany przez gen. dyr. inż. T. Laskę w lutym 1954.

Na podstawie opinii i orzeczeń Min. Górnictwa zezwoliło w maju 1954 na przeprowadzenie próbnego magazynowania gazu ziemnego w złożu R. w oparciu o projekt racjonalizatorski i według programu oraz pod nadzorem osobnej podkomisji w składzie: doc. inż. H. Górka, inż. T. Reguła i inż. W. Kołodziej.

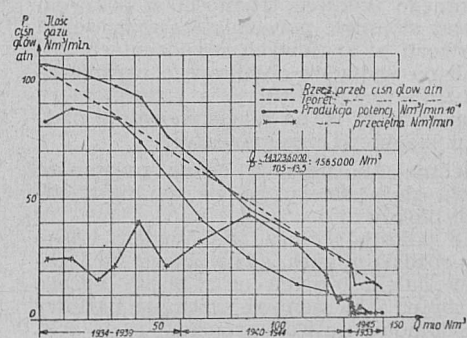
W okresie od czerwca do końca października 1954 r. próbne magazynowanie zostało przeprowadzone przez ZGOTarnowskiego, przy współudziale Instytutu Naftowego i Krośnieńskiego Kopalnictwa Naftowego, po uprzednim uzyskaniu zgody Okręgowego Urzędu Górniczego w Krośnie. Pracami w terenie kierował inż. J. Kaczorowski. Przeprowadzone próby magazynowania wykazały, co następuje:

- 1) Środkowy blok R., który traktowano w czasie prób jako jednostkę tektoniczną dzieli się prawdopodobnie na dwa niezależne elementy, a to element wschodni obejmujący odwierty P-1, P-2, P-5, P-6 i P-14 (na podstawie najnowszych danych wydaje się, że P-14 jest położony na odrębnym elemencie) oraz element zachodni z odwiertami P-3, P-4, P-8, P-9 i P-10. Za tym podziałem przemawia wyższe ciśnienie elementu zachodniego 14,5 niż wschodniego 12,5, większa przepuszczalność wschodniego, a co najważniejsze, odwierty elementu zachodniego nie reagowały na wtłaczanie i pobór gazu przez odwiert P-5, należący do elementu wschodniego.
- 2) Łączna chłonność 4 odwiertów elementu wschodniego przy wtłaczaniu gazu przy różnicy ciśnień ok. 9 atn wynosiła 77 Nm³/min. i stanowiła 164% łącznej produkcji potencjalnej tych odwiertów. Chłonność taka posiada wartość przemysłową, gdyż pozwala magazynować ponad 100 tys. m³ na dobę. Chłonność 4 odwiertów elementu zachodniego wynosiła tylko 30,5 Nm³/min., przy czym odwiert P-4 nie wykazał żadnej chłonności.
- 3) Zarówno przyrosty ciśnień w odwiertach sąsiednich podczas wtłaczania gazu do odwiertu P-5 jak i spadki podczas poboru gazu z tego odwiertu wskazują, że złożo elementu wschodniego jest szczelne i jako takie nie powinno powodować strat gazu podczas magazynowania go.
- 4) Wszystkie odwierty wykazały wzrost produkcji potencjalnej po wtłaczaniu gazu. Łączna produkcja dla całego wschodniego elementu wzrosła z 44,6 na 75,5 Nm³/min. czyli ok. 60%, mimo że średnie ciśnienie głowicowe wzrosło tylko o 9%.



Rys. 4 — Schematyczny układ połączeń magazynowania gazu ziemnego. — — — gazociąg istniejący, — — — gazociąg projektowany.

- 5) Produkcja potencjalna odwiertu P-5 spadła po poborze 491.759 Nm³ gazu do wartości z kwietnia 1954 r., tj. 24,8 Nm³/min. — mimo że ciśnienie głowicowe nie osiągało poziomu z kwietnia i wynosiło 13,2 atn, podczas gdy w kwietniu — 12,6 atn. Aczkolwiek cyfra produkcji potencjalnej uzyskana po oczyszczeniu odwiertu P-5 przed ładowaniem, tj. w dniu 14. VI. 1954 r. wynosząca 27,3 Nm³/min. przy ciśnieniu 13,1 atn wydaje się zawyżona, niemniej intensywne pobieranie gazu ze złoża powoduje prawdopodobnie spadek produkcji potencjalnej. Z drugiej strony — jak już wspomniano — wtłaczanie gazu powoduje poważny wzrost tej produkcji. Dzięki temu dla magazynu, który w okresie poboru gazu ma być stosunkowo często doładowywany — zagadnienie wpływu dużego poboru gazu na produkcję potencjalną nie powinno mieć praktycznego znaczenia.
- 6) Sprawy wzbogacenia gazu zmagazynowanego w cięższe węglowodory przez kontakt ze zwilżonym piaskowcem nie wyjaśniono podczas prób, gdyż wyniki analiz okazały się niepewne. Opierając się na streszczonych wyżej wynikach próbnego magazynowania podkomisja zaleciła wykorzystanie wschodniego elementu bloku środkowego na magazynowanie przemysłowe. Na tej podstawie wykonaliśmy potrzebne połączenia stałe między odwiertami elementu wschodniego a odgałęzieniem gazociągu do wtłaczania gazu i gazociągiem kopalnianym do poboru gazu magazynowanego, jak wskazuje schemat na rys. 4. W stacji regulacyjno-pomiarowej zmontowano na razie jeden przepływomierz Foxboro do pomiaru ilości zarówno gazu pobieranego jak wtłaczanego. W przyszłości przewiduje się zmontowanie 2 przepływomierzy i 2 automatycznych wentyli, z których jeden na ciągu do ładowania ma się otwierać kiedy ciśnienie w gazociągu przekroczy ustaloną granicę, np. 26 atn, drugi zaś na ciągu do pobierania gazu ma się otwierać, skoro ciśnienie w gazociągu kopalnianym spadnie poniżej dolnej granicy, np. 9 atn. Normalna droga gazu przez magazyn jest następująca: z gazociągu przez odgałęzienie, zwężkę pomiarową i wentyl automatyczny do złoża, a stąd — po ew. wzbogaceniu się w węglowodory cięższe — znowu przez zwężkę, wentyl automatyczny, gazociąg kopalniany do gazolinarni, a na-



Rys. 5 — Zależność ciśnienia i produkcji potencjalnej od ilości pobranego gazu w odwiertach P5.

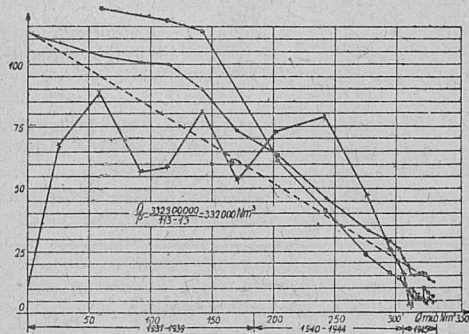
stopnię przez główną rozdzielnię do gazociągu krośnieńskiego albo gorlickiego.

Ażby ocenić pojemność magazynową na 1 atm wzrostu ciśnienia i możliwości wtłaczania oraz pobierania gazu, przedstawiliśmy na rys. 5 i 6 zależność ciśnień głowicowych i produkcji potencjalnej od ilości gazu pobranego w okresie 20-letniej eksploatacji gazu — oddzielnie dla odwiertu P-5 i łącznie dla wszystkich odwiertów elementu wschodniego. Jak widać, średni spadek ciśnienia głowicowego o 1 atm w odwiercie P-5 następował po pobraniu 1565 tys. Nm³, zaś w całym elemencie po pobraniu 3323 tys. Nm³.

Odwracając zagadnienie należało oczekiwać, że wzrost ciśnienia o 1 atm nastąpi po wtłoczeniu do odwiertów elementu wschodniego ok. 3 mio Nm³ gazu, tymczasem próbne magazynowanie wykazało, że już po wtłoczeniu 763110 Nm³ gazu średnie ciśnienie głowicowe wzrosło z 12,65 na 13,8 atm, czyli o 1,15 atm, zatem wzrost ten był prawie pięciokrotnie wyższy niż by to wynikało ze spadku ciśnienia w czasie eksploatacji. Tę różnicę można w dużym stopniu przypisać stosunkowo krótkim okresem stabilizacji ciśnienia przed i po wtłaczaniu. Okresy te trwały tygodnie, podczas gdy w czasie eksploatacji ciśnienia wyrównywały się latami. Ponadto w strefie niskich ciśnień złożowych przyrost, względnie spadek ciśnienia, w zależności od wtłoczonej, wzgl. wydobytej ilości gazu, jest wyższy od średniej.

Przy pobraniu ze złoża 491.759 Nm³ gazu średnie ciśnienie głowicowe spadło z 13,8 na 13,2 atm — zatem o 0,6 atm. Spadek ten jest znów 4-krotnie wyższy niżby to wynikało ze spadku w okresie eksploatacji. Jest zrozumiałe, że jeżeli wtłaczanie powodowało 5-krotnie wyższy przyrost ciśnienia — to większy spadek w czasie pobierania gazu jest uzasadniony. Natomiast stosunek jeden do drugiego nie został wyjaśniony. Trzeba tu dodać, że w czasie próbnego magazynowania operowano stosunkowo małymi zmianami ciśnień, przy których wyrównywanie jest z natury rzeczy bardzo powolne, a ponadto błędy pomiarowe mogły tu być znaczne.

Opierając się na doświadczeniach zagranicznych należy oczekiwać, że po przejściu do wyższych ciśnień pojemność magazynu na 1 atm wzrostu ciśnienia zbliży się prawdopodobnie do ilości odpowiadającej spadkowi o 1 atm w czasie eksploatacji. Zakładając dla pewności, że pojemność ta będzie wynosiła 2/3 oczekiwanej, to przy różnicy ciśnień ok. 13 atm można będzie zmagazynować we wschodnim elemencie ok. 30 mio Nm³ gazu.



Rys. 6 — Zależność ciśnienia i produkcji potencjalnej od ilości pobranego gazu w odwiertach P1, P2, P5, P6.

Na rys. 5 i 6 wkreślono również przeciętne wzgl. dopuszczalne produkcje gazu w okresie 20-letniej eksploatacji. Jak widać, z elementu wschodniego pobierano do 89,5 Nm³/min. Należy nadmienić, że w r. 1938 pobierano gaz przy średniej różnicy ciśnień 16,8 atm. Z odwiertu P6 pobierano gaz w r. 1938 przy średniej różnicy ciśnień 26 atm. W r. 1942 pobierano z elementu wschodniego średnio 20,6% produkcji potencjalnej. Żaden z tych sposobów poboru gazu nie wywołał widocznych złych skutków w złożu.

Na rys. 7 przedstawiono znaną zależność wydajności złoża od różnicy kwadratów ciśnienia złożowego i ciśnienia na dnie odwiertu dla odwiertu P-5 w układzie logarytmicznym. Jak wiadomo, zależność tę można przedstawić wzorem:

$$Q = k (P_1^2 - P_2^2) n,$$

Q — wydajność złoża w Nm³/min.,

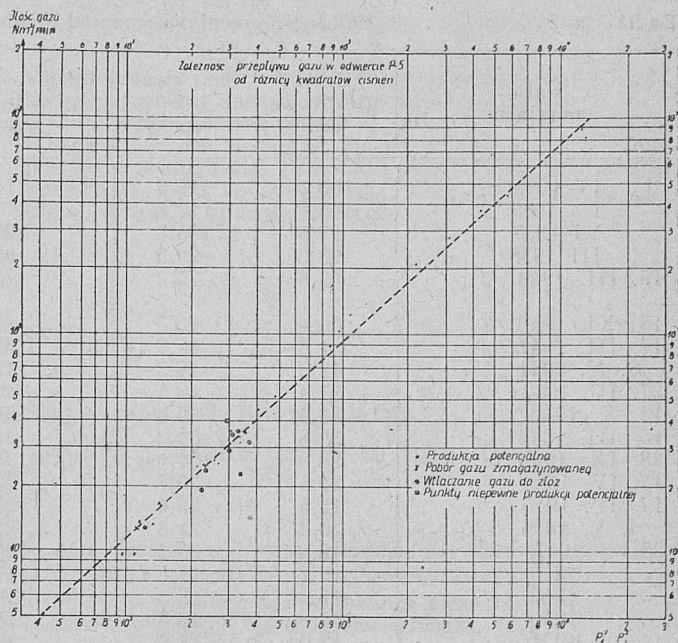
P₁ — ciśnienie złożowe w ata,

P₂ — ciśnienie w odwiercie w horyzoncie gazowym,

k — stała,

n — wykładnik potęgowy.

Na rys. 7 naniesiono wyniki pomiarów produkcji potencjalnej w okresie 20-letniej eksploatacji dla odwiertu P-5. oraz wyniki wtłaczania i pobierania gazu w czasie próbnego



Rys. 7

go magazynowania gazu. Wyniki te zestawiono również w załączonej tablicy 2. Jak widać — wyniki pomiarów szeregują się w pobliżu prostej. Pótwierdzają to dane z literatury fachowej, z których wynika, że zarówno przy wtłaczaniu gazu jak i przy pobieraniu gazu zmagazynowanego zależność między przepływem a różnicą kwadratów ciśnień jest taka, jak przy poborze gazu rodzimego. Dzięki tej zależności można z wykresu odczytać ilość gazu wtłaczaną przy danej różnicy ciśnień i ilość gazu pobraną z magazynu. Liczby obliczone na podstawie wykresu odnoszą się do odwiertu P-5. Jeżeli się jednak uwzględni, że chłonność pozostałych odwiertów elementu wschodniego stanowi 126% chłonności odwiertu P5, będzie można obliczyć średni przepływ do całego elementu wschodniego. Przy ciśnieniu głowicowym przed wtłaczaniem -14 ata i ciśnieniu wtłaczania na głowicy 27 ata, średni przepływ do odwiertów powinien wynosić ok. 113 Nm³/min.

Podobnie można obliczyć przepływ gazu z magazynu. Np. przy ciśnieniu gazu w magazynie 22 atm i ciśnieniu w gazociągu kopalnianym 5 atm przepływ z magazynu powinien wynosić ok. 129 Nm³/min. Tak duży przepływ można będzie dopuścić tylko na wypadek awarii w kopalni, wzgl. na gazociągach. Normalnie trzeba się liczyć ze średnim przepływem z magazynu wynoszącym ok. 50 Nm³/min.

Głównym celem magazynowania gazu ziemnego w złożu jest — jak już poprzednio podano — wyrównanie zmiennych zapotrzebowań na gaz ziemny, a przez to pełniejsze wykorzystanie zdolności produkcyjnej kopalni gazu i przelotności gazociągów. Chodzi tu głównie o okres najbliższego 5-lecia, kiedy dopuszczalna produkcja najważniejszych naszych złóż gazowych spada, a zapotrzebowanie na gaz rośnie i kiedy przelotność gazociągów odprowadzających gaz z tych złóż nie wystarczy na pokrycie szczytów.

W szczególności już w roku 1955 zapotrzebowanie szczytowe z rejonu Sanoka przekracza przelotność gazociągów tego rejonu o około 30 Nm³/min. W roku następnym szczyt jest wyższy od przelotności o około 100 Nm³/min. Magazyn powiększony o 4 dalsze odwierty pozwoli pokryć to krótkotrwałe szczytowe zapotrzebowanie, bez konieczności rozbudowy gazociągów, powiększając równocześnie obrót gazem o około 25 Mio Nm³. W roku 1956 przewiduje się rozbudowę gazociągów, w latach 1957 i 1958 magazyn stanowiłby więc tylko zabezpieczenie przeciawaryjne.

W latach 1959 i 1960 magazyn jest konieczny ze względu na dopuszczalną produkcję, która jest niższa od zapotrzebowań szczytowych odpowiednio o ok. 60 i ok. 160 Nm³/min. Mając magazyn o takiej chwilowej wydajności, można będzie pokryć zapotrzebowania szczytowe i zwiększyć obrót gazem o ok. 45 mio Nm³ w tych dwóch latach. Magazyn ten byłby wykorzystany również w następnym okresie 5-letnim, kiedy produkcja potencjalna, a więc i dopuszczalna w rejonie Sanoka będzie szybko spadać i jedynie równomierny pobór gazu przez cały rok pozwoli na pobranie większych ilości gazu. Jednak długotrwała wydajność magazynu dla tego okresu

Tablica 2.

Zależność przepływu gazu od różnicy kwadratów ciśnień dla odwiertu P-5

Data pomiaru	Ciśn. głowicowe ata	Ciśn. złożowe lub tłoczenia	Różnica ciśn. przy porze lub wtłaczaniu gazu $P_1 - P_2$	Różnica kwadratów ciśnień $P_1^2 - P_2^2$	Przepływ Q Nm ³ /min.	U w a g i:
IV 1935	105,0	114,5	114,5—0	13 100	813	
I 1936	104,0	112,2	112,2—0	12 600	880	
VI 1937	97,5	105,3	105,3—0	10 600	834	
III 1938	93,0	99,5	99,5—0	9 900	729	
15. III. 1940	69,6	75,2	75,2—0	5 650	437	
18. XI. 1940	60,4	65,3	65,3—0	4 260	382	
17. III. 1941	51,6	55,7	65,7—0	3 100	281	
6. X. 1941	42,8	46,3	46,3—0	2 140	215	
27. IV. 1942	37,4	40,4	40,4—0	1 630	155	
12. X. 1942	33,4	36,0	36,0—0	1 300	139	
15. III. 1943	30,8	33,2	33,2—0	1 100	125	
28. IX. 1943	28,8	31,1	31,1—0	967	104	
17. IV. 1944	27,5	29,7	29,7—0	883	90,3	
17. IV. 1945	23,5	25,4	25,4—0	645	69,0	
4. V. 1946	20,2	21,8	21,8—0	476	54,2	
23. V. 1947	18,6	20,1	20,1—0	404	47,2	
1948	16,2	17,5	17,5—0	306	36,1	
1949	17,0	18,3	18,3—0	335	34,4	
1950	17,0	18,3	18,3—0	335	32,0	
1951	17,0	18,3	18,3—0	335	23,0	
1952	15,2	16,4	16,4—0	270	25,7	
15. III. 1953	14,7	15,8	15,8—0	252	26,4	
23. IV. 1954	13,6	14,7	14,7—0	215	24,8	
14. VI. 1954	12,4	14,4	14,4—0	209	27,3	
25. VII. 1954	16,9	18,0	18,0—14,0	123	13,1	wtłaczanie gazu
27. VII. 1954	19,6	21,2	21,2—14,9	229	19,3	
3. VIII. 1954	20,0	21,6	21,6—15,2	236	24,7	
7. VIII. 1954	22,0	23,7	22,0—15,8	313	34,6	
9. VIII. 1954	23,2	25,0	25,0—15,9	372	31,6	
10. VIII. 1954	22,2	23,7	23,7—16,0	306	28,6	
23. VIII. 1954	15,7	16,9	16,9—0	287	40,6	po wtł. 674280 Nm ³
7. IX. 1954	14,9*)	16,1	16,1—12,8	97	9,7	pobieranie gazu zmagazynowanego
11. IX. 1954	14,7	15,9	15,9—11,7	116	13,7	
12. IX. 1954	14,7	15,9	15,9—11,2	128	13,5	
13. IX. 1954	14,6	15,8	15,8—10,3	144	16,9	
17. IX. 1954	14,4	15,5	15,5—10,6	119	13,6	
25. IX. 1954	14,0**)	15,1	15,1—10,8	111	9,7	
30. IX. 1954	14,1	15,2	15,2—0	231	25,0	po pobraniu 491760 Nm ³
27. X. 1954	14,1	15,2	15,2—0	231	24,9	
23.—24. I. 1955	23	24,8	24,8—18,3	335	35,3	wtłaczanie gazu pomiar prod. pot.
2. II. 1955	17,5	18,9	18,9—0	357	35,8	

*) Przed rozpoczęciem poboru gazu ciśnienie wyniosło 14,9 ata

**) Po skończeniu okresu poboru gazu ciśnienie wyrównało się w ciągu 3 dni (20.—30. IX.) do 14 ata.)

powinna wynosić 150—200 Nm³/min. Przy tej wydajności magazynu można będzie pobrać z kopalni w rejonie Sanoka o ok. 300 mio Nm³ więcej gazu w 5-leciu 1960—1965, niżby to było możliwe bez magazynu.

Uzyskanie tych większych wydajności magazynu na dłuższe okresy da się najkorzystniej osiągnąć przez wtłaczanie gazu do złoża kompresorem i uzyskanie w złożu ciśnienia ok. 75 atn. Możliwy byłoby wtedy nie tylko ciągły wydatek magazynu o wymaganej wysokości, ale na wypadek awarii można by chwilowo pobierać duże ilości gazu rzędu 400 Nm³/min., które stanowiłyby już poważną część całkowitego obrotu gazem ziemnym. Jak wiadomo, główne nasze źródła gazu ziemnego są obecnie skoncentrowane w jednym rejonie, położonym na skraju układów gazociągów dalekosieżnych i w dodatku w okolicy trudno dostępnej w ziemi.

Przy takim niekorzystnym usytuowaniu złóż gazowych w stosunku do gazociągów — ewentualne zaburzenia w produkcji lub w przesyłaniu gazu z tego rejonu prowadzą do częściowego wyłączenia z produkcji stosunkowo dużej ilości ważnych zakładów przemysłowych. W tym stanie rzeczy zmagazynowanie większych ilości gazu w innym rejonie, korzystniej położonym, posiada doniosłe znaczenie nie tylko dla gospodarki gazem ziemnym, ale także dla zakładów korzystających z tego gazu.

Efekty, które dać może omówione magazynowanie, można

uzyskać częściowo również na innej drodze, mianowicie przez odwiercenie dodatkowych odwiertów i wybudowanie dodatkowej tłoczni gazu, względnie dodatkowego gazociągu. Jednak koszt głębokich odwiertów, które dałyby dodatkową produkcję rzędu 200 Nm³/min. gazu ziemnego i koszt tłoczni lub gazociągu wynosiłyby kilkanaście milionów złotych, podczas gdy koszt przygotowania magazynu gazu w złożu R. nawet z tłocznia będzie kilkanaście razy niższy.

Jak z powyższego wynika włączenie do układu produkcyjno-przesyłowego jeszcze jednego elementu, jakim jest podziemny magazyn o odpowiedniej wydajności i pojemności, udoskonala ten układ, przystosowując go do wypełnienia znacznie większych zadań, niż dotychczas był on w stanie wykonać.

Należy podkreślić, że perspektywy dla magazynowania w złożach pod ziemią są ogromne nie tylko w zastosowaniu do gazu ziemnego, ale i gazu płynnego, oraz węglowego, a przede wszystkim koksowniczego, nadwyżki bowiem gazu koksowniczego, w odróżnieniu od gazu ziemnego, muszą być odebrane bez względu na możliwości zbytu.

Magazyny podziemne na trasach dalekosieżnych gazociągów udoskonala układy produkcyjno-przesyłowe, przy czym koszt ich w stosunku do kosztów obecnych zbiorników nadziemnych będzie wielokrotnie niższy i da oszczędności idące w setki milionów złotych, a oprócz tego zwiększą one pew-

ność dostaw, co będzie miało znaczenie nie tylko ekonomiczne ale i w pewnych warunkach strategiczne.

W wyniku powyższych rozważań nasuwają się dezyderaty, które można by ogólnie ująć w następujących punktach:

- 1) Celem zapewnienia pełnego pokrycia szczytowych zapotrzebowania na gaz ziemny, oraz celem częściowego zabezpieczenia układu produkcyjno-przesyłowego na wypadek awarii przy użyciu możliwie małych środków inwestycyjnych należy kontynuować magazynowanie gazu

ziemnego w złożu i rozszerzyć je do potrzeb ZGOTarnowskiego.

- 2) Wykorzystując doświadczenia przy magazynowaniu gazu ziemnego należy, celem właściwego wykorzystania nadwyżek gazu koksowniczego i zabezpieczenia ciągłości dostaw gazu na wypadek awarii gazociągowych, zlecić placówce geologicznej przestudiowanie możliwości magazynowania gazu koksowniczego, wzgl. ziemnego, w pobliżu ośrodków przemysłowych.

Doc inż. HENRYK GÓRKA

Instytut Naftowy

Koreferat do referatu inż Kaczorowskiego i inż Wł. Kołodzieja pt:

„Magazynowanie gazu ziemnego pod ziemią i wyniki polskich prób w tym kierunku”

(Streszczenie)

Rozpatrując stosunki pola R. pod kątem widzenia ciśnienia i kinetyki medium znajdującego się w złożu należy przyjąć, że przy skomplikowanym systemie kapilar tworzących złożę, przy występowaniu znajdującego się tam medium w różnych fazach skupienia zachodzą niewątpliwie pewne fizyko-hydrauliczne zjawiska, wpływające na ruch gazu w złożu. Do zjawisk takich należą:

- a) Rozkład ciśnienia statycznego i kinetycznego w złożu w czasie jego eksploatacji ulega zmianom w zależności od nasilenia tej eksploatacji. Największy spadek tych ciśnień zaznacza się w pobliżu eksploatowanych odwiertów. Stwarza to niesprzyjające warunki dla należytego wykorzystania potencjalnej zdolności produkcyjnej złoża.
- b) Opierając się na zasadzie, że prędkość przepływu gazu przez złożę rośnie odwrotnie proporcjonalnie do odległości, a nawet kwadratu odległości od odwiertu, należy liczyć się, że w sąsiedztwie forsownie eksploatowanych odwiertów szybkości te mogą doprowadzić do porywania cząstek porowatej skały przez strugę gazu i blokowanie nimi strefy przyodwiertowej.
- c) W forsownie eksploatowanym złożu zachodzi niewątpliwie obniżenie temperatury. Powoduje ono zmiany gęstości i lepkości gazu, a tym samym dodatkowy wzrost oporów przy przepływie gazu przez strefę przyodwiertową.

W przeprowadzonym ostatnio eksperymencie magazynowania gazu w złożu R. rozmyślnie znegaliżowano prawa fizyki medium gazowego i złoża dla przekonania się, czy dotychczasowe przestrzeganie tych praw nie było zbyt rygorystyczne i może niepotrzebne. Odpowiedź na powyższe uzyskano już po 18-dniowej próbie. Odwiert zmniejszył swoją potencjalną zdolność produkcyjną o około 17%, mimo że ciśnienie statyczne na jego głowicy pozostało zwiększone o kilka dziesiątych atmosfery, a w złożu pozostało jeszcze około 183 tys. m³ dodatkowo wtłoczonego gazu. Stwierdzenie ujemnego wpływu forsownej eksploatacji na wydajność odwiertu P-5 oparte zostało na wynikach pomiarów charakterystyki produkcyjnej tego odwiertu. Ścisłość tych pomiarów jest jednak kwestionowana przez różnych specjalistów, którym nie można odmówić pewnej słuszności. Mianowicie, jak to nadmieniono już poprzednio, rozkład ciśnień wokół eksploatowanego odwiertu układu się w taki sposób, że ciśnienia te spadają w miarę zbliżania się do tego odwiertu. Po zaniechaniu eksploatacji potrzeba pewnego czasu, aby ciśnienie to wyrównało się do poziomu panującego w złożu. Pomiar charakterystyki odwiertu będzie dopiero wówczas miarodajny.

W imię prawdy należy stwierdzić, że warunków tego nie dochowano we wszystkich przeprowadzonych pomiarach.

Z analizy wyników magazynowania gazu w złożu roztockim można wyciągnąć następujące wnioski:

- a) Wtłaczanie gazu do złoża w celu jego magazynowania jest uwarunkowane chłonnością odwiertów położonych na danym polu. Chłonność ta jest przy stosowaniu obecnego ciśnienia wtłaczania wystarczająca dla projektowania eksperymentu w skali przemysłowej.
- b) Złożę gazowe broni się samorzutnie przed jego „szarpaniem”. Wbrew zamierzeniom człowieka reaguje ono natychmiast na forsowną eksploatację, zmniejszając swoją wydajność i tracąc swoją zdolność produkcyjną. Podkreślić jednak należy, że utrata tej zdolności nie następuje w sposób nagły. Eksperyment otwarcia odwiertu i spowodowanie przez to nieopanowanego wpływu gazu przez okres 106 godzin dowiódł, że chwilowe nasilenie poboru gazu nie wpływa na pogorszenie warunków eksploatacji.
- c) Zjawisko zwiększenia się potencjalnej zdolności produkcyjnej odwiertu P-5 po wtłoczeniu do niego ok. 700 tys. Nm³ gazu przy nieznacznej tylko podwyżce ciśnienia złożowego dowodzi, że ruch strugi wtłaczanego gazu wpłynął korzystnie na usunięcie mechanicznych zapór w strefie przyodwiertowej złoża. Stwarza to podstawę do przypuszczenia, że nawet po pewnym osłabieniu zdolności produkcyjnej odwiertu wskutek forsownej eksploatacji, zdolność tę można odzyskać przez przedmuchiwanie w kierunku złoża.

Przytoczone powyżej wnioski dają podstawę do zaprojektowania przemysłowego magazynowania gazu w złożu roztockim.

Eksperyment R. daje podstawę nie tylko dla zastosowania przemysłowego magazynowania gazu w omawianym złożu, ale stwarza również szerokie perspektywy dla takiego magazynowania i w innych rejonach Polski. Ma to szczególne znaczenie dla zbliżania ośrodków magazynowych w pobliżu ważniejszych miejsc zbytu gazu, jak dużych centrów przemysłowych, większych miast itp. Problem ten nabiera obecnie coraz więcej ostrości wobec odkrycia bogatych złóż gazowych w Karpatach oraz zwiększającej się produkcji gazów koksowniczych. Niewątpliwie na Niżu Polskim istnieje odpowiednie struktury geologiczne, które mogłyby się nadawać do tego celu. Do takich należy wielkopromienna antyklina radomska, strefy okalające wysady solne na Kujawach i wiele innych.

Książka i czasopismo techniczne

pomocą w pracy technika i inżyniera

Doc. dr CZESŁAW POBORSKI

Ujęcie metanu w kopalniach węgla

1. Wstęp

Występowanie metanu jest znane z kopalń różnych minerałów użytecznych, ale najczęściej i w największych ilościach metan występuje w kopalniach węgla (naturalnie poza kopalniami ropy naftowej, gazu ziemnego i pokrewnych). Stanowi on jedno z największych niebezpieczeństw górnika węglowego. Pochłonał już wiele tysięcy ofiar i co roku pochłania dalsze ofiary. Najczęstsze są nieduże wybuchy metanu, ale zdarzają się również olbrzymie katastrofy, w których giną dziesiątki, a nawet setki górników. Największa chyba katastrofa zdarzyła się w 1906 roku w kopalni „Courrieres” we Francji, w której skutkiem wybuchu metanu zginęło 1230 ludzi (3).

W dawnych czasach, gdy nie zdawano sobie sprawy z zapalności i wybuchowości metanu, zjawiska te przypisywano siłom nadprzyrodzonym. Między innymi, z wybuchami metanu łączy się podania o skarbniku. Błysk lampy skarbnika wróży górnikowi śmierć, bo błysk lampy, to wybuch metanu.

Starcowi w kopalni, według legend, nie należy podawać bezpośrednio ognia. Górnicy zatem przy wchodzeniu do przodka nieśli przed sobą ogień na długich drągach, a gdy czasami starzec zapalał od niego lampę, górnicy byli poza zasięgiem niedużego, lokalnego wybuchu.

W pewnym okresie walczono z metanem wypalając go. Używano do tego tzw. pokutników (1, 3), którymi byli przypuszczalnie niewolnicy i skazańcy. Ubrani w mokre szmaty, z zakrytymi twarzami, czołgali się po wyrobiskach, nieśli na długich tykach przed sobą ogień i wypalali metan. Było to naturalnie możliwe tylko przy niedużej ilości metanu wydzielającego się do wyrobisk, bo przy dużych ilościach, jakie dziś spotykamy w niektórych kopalniach, mogłoby nastąpić zniszczenie całej kopalni.

Istota i właściwości metanu były już znane za czasów Hieronima Łabędzkiego, a zatem ponad sto lat temu. Łabędzki, autor wspaniałego dzieła pt. „Górnictwo w Polsce” (5), bliżej zajmuje się metanem w broszurze „Przypadki nieszczęśliwe w kopalniach węgla kamiennego w Polsce” (6), wydanej w 1843 r. Przytaczam tutaj za Łabędzkim odpowiedni ustęp: „W kopalniach węgla kamiennego, pożar może powstać z rozmaitych powodów.... dwa szczególne rodzaje pożarów są wyłącznie właściwe tym tylko kopalniom, to jest powietrze zapalne i samowolne zapalenie się miały węgla, czyli tak zwanej gisty.

Dla zasłonięcia się od wypadków ognia z powodu eksplozy gazów jakowych zapalnych, mianowicie gazu wodorodowego węglowego, który wywiązuje się w niektórych kopalniach węgla kamiennego, używa górnik w czasie robót lampki bezpieczeństwa Devyego....”.

Za czasów Łabędzkiego i w okresie późniejszym, aby nie dopuścić do wybuchu metanu, intensywnie przewietrzano wyrobiska i unikano zapalenia tego gazu. Mniej więcej tymi samymi sposobami walczono z metanem do ostatnich czasów, z tym naturalnie, że sposoby te udoskonalono. Specjalne przepisy regulują sposób wentylacji, prowadzenia robót górniczych i kontroli metanowości w wyrobiskach w kopalniach gazowych. W polskich kopalniach węgla obowiązują pod tym względem „Przepisy technicznej eksploatacji kopalń węgla” (11). Między innymi nakazują one, że zawartość metanu w prądach odpływających z rejonów wentylacyjnych nie może przekraczać 1%, w ogólnym zaś prądzie powietrza zużytego, wychodzącego z kopalni nie może przekraczać 0,75%. Jeżeli natomiast pod piętnem wyrobiska stwierdzi się zawartość metanu w ilości 2% lub więcej, należy usunąć robotników do bezpiecznego miejsca, zamknąć dostęp do zagrożonych wyrobisk i wyłączyć prąd elektryczny. Dózor kopalniany powinien natychmiast przedsięwziąć środki celem usunięcia gazu i przywrócenia normalnego stanu przewietrzania.

Schodząc z robotami górniczymi na coraz większe głębokości, obserwuje się ogólnie wzrost ilości metanu wydzielającego się do wyrobisk górniczych. Ilości metanu mogą być tak duże, że nieraz nie można go dostatecznie rozrzedzić, nawet przy bardzo intensywnym przewietrzaniu, zwłaszcza

w okresie jego najsilniejszego wydzielania się. Zdarzają się również gwałtowne wyrzuty olbrzymich ilości metanu, którym towarzyszą wyrzuty węgla (4). Przypominają one nieco katastrofalne wyrzuty CO₂ znane z kilku zagłębi węglowych Europy.

W miarę poznawania warunków występowania i wydzielania się metanu w kopalniach, opracowuje się metody kierowania wydzielaniem się gazu.

2. Zasady ujmowania metanu

Metan występujący w kopalniach węgla stanowi niebezpieczną domieszkę do minerału użytecznego, a zatem jest tak zwaną szkodliwą domieszką. Z drugiej strony metan jest głównym składnikiem, „minerałem”, w złożach gazów ziemnych i jest znanym i cennym „minerałem” użytecznym. Dlatego od dziesiątków lat robiono próby ujęcia metanu w kopalniach węgla i wykorzystywania go. W niektórych przypadkach ujmowano metan z fontann gazowych i wykorzystywano go na powierzchni, np. w kopalni „Consolidation” koło Gelsenkirchen, w kopalni „Luisenthal” w Zagłębiu Saary i innych (9). Również z powodzeniem ujmowano metan wydzielający się ze starych zamkniętych części kopalni. Wszystkie natomiast inne próby ujęcia metanu nie powiodły się. I tak nie powiodło się wchłanianie metanu w najwyższych punktach wyrobisk górniczych (próby Hilla w Zagłębiu Akwizgranu), wchłanianie go z suchej podsadzki (kopalnia „Emscher Lippe” w Zagłębiu Ruhry, oraz Zagłębie Saary), ujmowanie metanu w otworach wiertniczych wykonanych w caliznie węglowej przed frontem ściany (Anglia) i inne. W niektórych przypadkach co prawda zmniejszono zawartość metanu w wyrobiskach górniczych, ale w żadnym przypadku nie uzyskano metanu na tyle czystego, nie rozrzedzonego przez powietrze, aby można było go użytkować przemysłowo (9).

Dopiero badania przeprowadzone w ostatnich czasach, przede wszystkim badania Forstmanna i Schulza, doprowadziły do poznania zasad wydzielania się metanu z węgla i pozwoliły opracować metody poboru gazu z kopalń węgla. Metody te opierają się na stwierdzeniu, że wchłanianie metanu przez węgiel jest zjawiskiem odwracalnym (9). Węgiel wchłania i wiąże ze sobą fizyko-chemicznie zmienną ilość metanu w zależności od stopnia uwęglenia i od ciśnienia pod jakim się znajduje i wchłania go tym więcej, im większe jest ciśnienie. 1 tona węgla (gazowych i tłustych) może wchłonać i związać 20 do 30 m³ metanu. Poza metanem związanym z węglem w sposób fizyko-chemiczny, może w nim występować metan utrzymywany w sposób mechaniczny. Jest to ten nadmiar metanu, którego węgiel nie może ze sobą związać. Metan związany wypływa z pokładu przy zmniejszaniu się ciśnienia na węgiel, a zatem również przy odprężeniu spowodowanym wybięrką sąsiedniego pokładu. Zjawiska te usiłuje wyjaśnić K. Kegel w podręczniku „Bergmännische Gebirgsmechanik” (2). W uproszczeniu można by je przedstawić, jak podano poniżej.

Ilość gazu jaką węgiel może zaadsorbować zależy od wzajemnego fizyko-chemicznego stosunku węgla i gazu. Węgiel o niskim stopniu uwęglenia adsorbują gazy z niedużą siłą i nie potrafią związać metanu tworzącego się w czasie procesu uwęglania. Praktycznie, z węgla słabo uwęglonych uchodzi wszystek metan. Ze wzrostem uwęglenia siła adsorpcji wzrasta i osiąga swe maksimum u węgla gazowych i tłustych. Przy dalszym uwęglaniu siła adsorpcji znów maleje.

Poza siłą adsorpcji, decydujące znaczenie, jeśli chodzi o zwiążanie metanu z węglem, posiada wielkość przestrzeni między cząsteczkami węgla. Węgle gazowe i tłuste są zbudowane z micell, tzn. z cząstek koloidalnej wielkości. Metan jest wiązany adsorpcyjnie, względnie kapilarnie, z przestrzeniami międzycząsteczkowymi. Przy węglu nieobciążonym odstęp między micellami zależy od wzajemnego stosunku sił kohezji między cząsteczkami węgla i sił adsorpcji gazu na powierzchni cząstek. Pod działaniem ciśnienia górotworu, przestrzenie międzycząsteczkowe zmniejszają

się, aż do wytworzenia się momentu równowagi, jaka ustala się pomiędzy siłami adsorpcji z jednej strony a siłami kohezji, powiększonymi przez ciśnienie nadkładu, z drugiej strony.

W przestrzeniach międzycząsteczkowych, jeżeli są one odpowiednio małe, metan ulega zagęszczeniu. Zagęszczenie gazu w przestrzeniach międzycząsteczkowych rośnie odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości między cząsteczkami. Zatem ilość związanego gazu rośnie w miarę zmniejszania się odległości między cząsteczkami, a więc w miarę wzrostu ciśnienia na węgiel. Metan jest wtedy wchłaniany przez węgiel. Natomiast przy zmniejszaniu się ciśnienia na węgiel, odległość między cząsteczkami węgla rośnie, zmniejsza się zagęszczenie gazu związanego z węglem i wyzwala się część gazu dotychczas związanego.

Istnieje pewna analogia pomiędzy zachowaniem się gazu i wody. Naczynia o dużej średnicy nie są kapilarami dla wody. Podobnie duże przestrzenie między cząsteczkami węgla nie są kapilarami dla gazu. Jeśli węgiel obciążymy, przestrzenie międzycząsteczkowe zmniejszają się i stają się kapilarami dla gazu. Gaz jest wchłaniany przez węgiel. Różnica pomiędzy kapilarnym wchłanianiem wody i gazu polega na tym, że gaz przy wchłanianiu ulega dużemu zagęszczeniu. Skutkiem tego ze wzrostem ciśnienia na węgiel następuje wchłanianie przez niego znacznych ilości gazu.

Jak więc widzimy, na większych głębokościach, przy normalnym ciśnieniu nie naruszonego górotworu metan jest z dużą siłą związany z węglem o odpowiednim stopniu uwęglania. 1 tona węgla gazowych i tłustych wiąże, jak to już napisano wyżej, 20 do 30 m³ metanu. Dopiero nadwyżka metanu, którego węgiel nie może związać fizyko-chemicznie jest związana z górotworem jedynie mechanicznie i występuje w porach i szczelinach węgla i skał otaczających. Metan ten może być eksploatowany otworami wiertniczymi, niezależnie od odprężenia górotworu przez wybierkę górniczą.

Jeśli z otworów wiertniczych przebiegających pokłady węgla gazowych i tłustych metan wydziela się, chociażby w niedużych ilościach, górotwór jest silnie gazowy i prowadzenie w nim robót górniczych natrafi na bardzo duże trudności. Wybierkę górniczą w takim terenie, zwłaszcza przy większych ilościach gazów wydzielających się z otworów wiertniczych, należy prowadzić dopiero po odmetanowaniu górotworu odwiertami z powierzchni. Z drugiej strony, jeśli w normalnych wierceniach badawczych za węglem, makroskopowo nie stwierdza się występowania metanu, nie świadczy to, że kopalnie węgla założone w tym terenie będą wolne od dużych ilości metanu. Na odwrót, w kopalniach mogą występować duże ilości metanu, a odwierty z powierzchni do partii nie odprężonej przez wybierkę mogą nie dać zupełnie gazu.

3. Metody ujmowania metanu.

Przy odmetanowywaniu kopalń węgla, ujmuje się metan wydzielający się nie z pokładu wybieranego, a z otaczających go pokładów i warstw węgla. Dopiero w ostatnich czasach czyni się próby ujęcia części metanu z pokładu wybieranego.

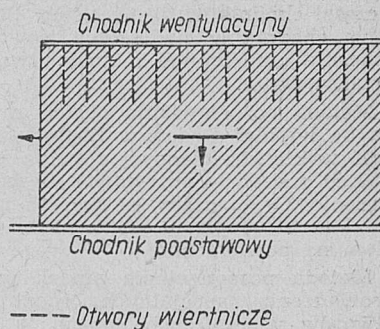
Ze względu na sposób odprężania się górotworu przy wybierce górniczej, dogodne warunki dla ujęcia metanu mają kopalnie eksploatujące pokłady upadające niezbyt stromo. Najczęściej metan ujmuje się przy nachyleniu pokładów 0—25°, ale pozytywne rezultaty uzyskać można również przy odmetanowywaniu pokładów stromo nachylonych.

Przy odmetanowywaniu kopalń węgla ujmuje się 40 — 80%, przeciętnie 50% całkowitej ilości metanu, jaka wydzielala się do wyrobisk danego pola górniczego przed rozpoczęciem ujmowania go (10, 12). Przy tym jest bardzo ważne, że ogólnie biorąc, całkowita ilość metanu wydzielającego się w określonym polu górniczym jest wielkością niezależną od ujmowania tego gazu. Metan ujmowany, więcej wydzielający się do powietrza kopalnianego odpowiada ilościowo mniej więcej metanowi, jaki wydzielalby się do wyrobisk, gdyby go nie ujmowano. Belgijskie biuletyny podają, że w jednym przypadku, przy ujmowaniu metanu ilość ta była większa (10).

Istnieją 3 zasadnicze metody ujmowania metanu wyzwalającego się z odprężającego się górotworu, przy wybierce górniczej:

- 1) metoda otworów wiertniczych w poprzek warstw,
- 2) metoda chodników nadległych,
- 3) metoda pozostawiania pustek w podsadzie.

Metodę otworów wiertniczych w poprzek warstw stosuje się przy ścianowej wybierce węgla. Z chodnika nadściannowego w pobliżu frontu ściany wykonuje się otwór wiertniczy w skałach stropowych. W miarę przesuwania się frontu ściany, co pewną odległość w pobliżu frontu wykonuje się następne otwory (rys. 1). Wierci się je mniej więcej prostopadle do osi chodnika i pod kątem do 70° do poziomu. Przebijają one występujące w stropie warstwy i pokłady węgla. Nad starymi zrobami następuje odprężenie tych warstw i pokładów i wydziela się z nich metan. Przedostaje się on do otworów wiertniczych i z nich odprowadza się go rurociągiem na powierzchnię.



Rys. 1

W niektórych przypadkach stosowano również wiercenie otworów wiertniczych do stropu z chodnika podstawowego. Nie dają one jednak tych rezultatów, co wiercenie z chodnika górnego. Niekiedy zaś wykonuje się otwory w spagu wybieranego pokładu. Odprowadzają one metan wyzwalaający się z odprężających się tam warstw i pokładów węgla. Jednak odprężenie ich jest mniejsze niż skał stropowych i dlatego wiercenia w spagu nie ujmują takiej ilości metanu, jak wiercenie w stropie.

Opisane wiercenia nie ujmują metanu wydzielającego się z wybieranego pokładu i z warstw węgla występujących w jego bezpośrednim stropie. Jak można wnioskować z przeprowadzonych doświadczeń (9), część metanu z wybieranego pokładu wydziela się bezpośrednio do powietrza oływającego ścianę, część dostaje się do szczelin w skałach stropowych, wędruje nimi i wypływa do wyrobisk w najwyższej części ściany, do chodnika wentylacyjnego, a prawdopodobnie również do starych zrobów lub podsadzek. W ostatnim czasie inż. Lavallee przeprowadził próby ujęcia możliwie największej ilości metanu wydzielającego się z pokładu wybieranego do skał stropowych i ewentualnie z warstw węgla leżących w bezpośrednim stropie pokładu (10). Poza otworami mniej więcej prostopadłymi do osi chodnika wentylacyjnego, które wierci się w skałach stropowych oraz poza otworami jakie czasami wierci się w skałach spagowych, prowadził on otwory z chodnika wentylacyjnego w kierunku przodka ścianowego. Otwory te tworzyły z osią chodnika kąt 45° i były skierowane do poziomu pod kątem 25°. Wiercił je możliwie jak najbliższe przodka ścianowego. Ostateczne wnioski z prób przeprowadzonych przez inż. Lavallee nie są nam znane.

Druga z wymienionych wyżej metod ujmowania metanu, metoda chodników nadległych jest stosowana z powodzeniem na kilku kopalniach w zachodniej Europie. Metoda ta polega na ujmowaniu metanu w pokładzie leżącym powyżej pokładu wybieranego. Ponad partią przeznaczoną do wybierki, w jakimś nadległym pokładzie prowadzi się jeden lub więcej chodników. Aby zdrenować jak największą przestrzeń, z chodników wykonuje się otwory wiertnicze zarówno w pokładzie jak i przebijające skały stropowe. Na jednej z kopalń wierci się także otwory w spagu. Gdy chodniki oraz otwory wiertnicze są już wykonane, wylot chodników zamyka się tamami, możliwie szczelnymi dla gazów. Przy wybieraniu pokładu niżej leżącego, metan wydziela się z odprężającego się górotworu do wykonanych chodników i otworów wiertniczych. Spoza tamy odprowadza się go rurociągiem na powierzchnię.

System chodników nadległych posiada poważne wady. Przed rozpoczęciem wybierki węgla trzeba wykonać w pokładzie nadległym długie chodniki drenujące oraz wszystkie otwory drenujące. Chodniki zazwyczaj nie utrzymują się w dobrym stanie przez okres ujmowania metanu. Ewentualna zatem wybierka pokładu nadległego rozciętego przez dłuższy czas niekonserwowanymi chodnikami może natrafić na trudności. Istnieje również niebezpieczeństwo zapalenia się węgla w obszarze poza tamami. W razie popełnienia górotworu powietrze może dochodzić do systemu drenującego i zawartość jego w ujmowanym gazie może być zbyt duża. Nie ma możliwości regulowania zawartości metanu w gazie przez odcięcie od systemu drenującego niektórych otworów

i części chodników drenujących. Powyżej podane wady metody chodników nadległych powodują, że stosuje się ją znacznie rzadziej niż metodę otworów wiertniczych w poprzek warstw.

Metoda pozostawiania pustek w podsadźce jest stosowana na kopalni Reden w Zagłębiu Saary (12). Prowadzi się tam wybierkę ścianową z pełną podsadzką pneumatyczną. Pośród podsadzki pozostawia się wolne nie podsadzone przestrzenie. Gromadzący się w nich metan, który wydziela się ze skał stropowych i spagowych, odprowadza się rurociągiem na powierzchnię.

Metoda pozostawiania pustek w podsadźce nie wymaga prowadzenia specjalnych robót przygotowawczych ani otworów wiertniczych. Można ją jednak zastosować tylko tam, gdzie stosuje się pełną podsadzkę. Należy również przypuszczać, że ilość czystego metanu, którą tym sposobem można ująć, jest mniejsza niż ilość ujmowana poprzednio przedstawionymi sposobami.

Metan ujmowany w kopalniach znajduje się pod niedużym ciśnieniem. Dlatego do rurociągu odprowadzającego metan dołącza się na powierzchni ekshaustor, który zasysa gaz z kopalni. Przy metodzie otworów wiertniczych w poprzek warstw u wylotu otworów utrzymuje się depresję od kilku do 500, a wyjątkowo do 1000 mm słupa wody (10).

Poza wymienionymi metodami ujmuje się metan, jak to już wyżej podano, ze starych zamkniętych części kopalń i z fontann gazowych. W tych przypadkach górnik nie kieruje wypływem metanu. Zatem tych sposobów ujęcia nie można nazwać metodami ujęcia i dlatego nie zajmujemy się nimi w referacie.

4. Zużytkowanie ujętego metanu.

Ujmując metan zmniejszamy przeciętnie do połowy jego ilość w powietrzu kopalnianym. Tym samym zmniejsza się niebezpieczeństwo wybuchu metanu w kopalni. Dodatkowo ryzyko wybuchu na skutek ujmowania metanu jest bardzo nieduże. Odmetanowywanie kopalń ma zatem znaczenie dla bezpieczeństwa pracy na tych kopalniach.

Ujmowanie metanu ma charakter dość stały. Chwytany gaz posiada wysoką procentową zawartość metanu. W kopalniach w zachodniej Europie waha się ona od 50 — 90%. Ilość ujmowanego gazu jest duża i może on być z powodzeniem wykorzystywany do najrozmaitszych celów. Najczęściej zużytkowuje się go jako paliwo, przy czym można wykorzystywać jego wysoką wartość opałową. Poniżej przytaczamy kilka sposobów wykorzystywania metanu ujętego w kopalniach belgijskich i niemieckich (12).

W kopalni Hirschbach wszystkie ujęty metan spala się pod kotłami wodnorurkowymi. Kotły te pracują bez zakłóceń.

Na kopalni Mansfeld w początkowym okresie ujmowania metanu opalano nim kotły. W następnym okresie metan zaczęto sprężać i wykorzystywać jako paliwo silnikowe.

Wiele kopalń oddaje ujęty gaz do sieci gazu koksowniczego. Ponieważ wartość opałowa metanu jest dwukrotnie wyższa niż gazu koksowniczego, w niektórych przypadkach rozrzedza się ujmowaną mieszanek metanową przed oddaniem jej do rurociągów gazu koksowniczego.

W koksowni Tertre koło Mons, metanu z kopalń używa się do ogrzewania baterii pieców koksowniczych.

Istnieją również możliwości wykorzystywania metanu chwytanego w kopalniach do ogrzewania pieców do wytapiania szkła oraz do ogrzewania pieców martenowskich. Metan dzięki wysokiej wartości opałowej oraz dzięki swej czystości jest specjalnie wartościowym paliwem dla produkcji wysokogatunkowych stali.

Jak więc widzimy, metan z kopalń można z powodzeniem zużytkować i to w najrozmaitszy sposób.

5. Projekt ujęcia metanu w kopalni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym

W kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występuje na ogół niewiele metanu. Znaczna większość kopalń węgla należy do niegazowych. Wiąże się to z na ogół niskim stopniem metamorfizmu węgla oraz stosunkowo nieznaczną głębokością kopalń. Jednak w niektórych obszarach występuje bardzo dużo metanu i to już na nieznacznych głębokościach. W nadkładzie karbonu występuje tam miocen, wykształcony przeważnie w facji ilastej. Jest on nie-

przepuszczalny dla gazów. Miocen stanowi pułap, który uwięził w karbonie metan wznoszący się ku górze. Metan nagromadzony pod mioceńskim pułapem utworzył się nie tylko w drodze procesów dojrzewania węgla tych poziomów, w których występuje, ale przywędrował również z głębszych poziomów karbonu produktywnego lub ze skał starszych od górnokarbońskich. Mógł on powstać nie tylko w drodze starzenia się węgla, ale także w drodze przemian substancji organicznych, które doprowadzają normalnie nie do powstawania utworów węglowych, a węglowodorów gazowych i płynnych.

Wspomnieć tutaj należy, że opublikowane ostatnio w „Archiwum Górnictwa i Hutnictwa” wyniki badań genezy niektórych złóż sapropelitów wyjaśniają, że w pewnych, wyjątkowych warunkach w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym nastąpiło przetworzenie substancji roślinnej tkankowej, a więc niebitumicznej w substancję bitumiczną (7).

Z biegiem czasu będziemy mieli coraz więcej kopalń głębokich eksploatujących węgle koksujące. W kopalniach tych, gdy będą odpowiednio głębokie, metan będzie występował w dużych ilościach, nawet jeśli karbon nie będzie przykryty nieprzepuszczalnym nadkładem.

Zagadnienie zatem ujęcia metanu w kopalniach węgla jest ważnym problemem dla naszego przemysłu węglowego. Dlatego Dział Złóż Węgla Zakładu Górnictwa Głównego Instytutu Górnictwa zajął się występowaniem metanu w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, zaś Departament Techniki Ministerstwa Górnictwa powołał zespół roboczy pod moim kierownictwem, dla opracowania projektu odmetanowywania kopalni.

Pierwszy projekt odmetanowywania kopalni opracowali: K. Banszel, W. Czerkowski, K. Fabris, Z. Hoffman, L. Kotula, W. Laskowski, A. Naturski, A. Piaskowiecki, Cz. Poborski, L. Stolarzewicz.

W referacie tym przedstawię w skrócie przeprowadzone przez mnie i L. Stolarzewicza badania dotyczące możliwości odmetanowywania kopalni (8).

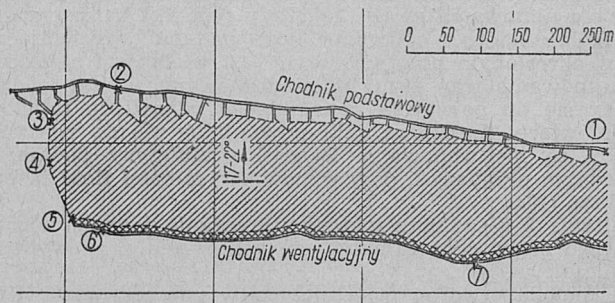
Projekt ujęcia metanu sporządzono dla kopalni, w której produktywny karbon występuje pod nadkładem zmiennej grubości 140 — 750 m. Nadkład ten stanowią przeważnie ilaste skały trzeciorzędowe, przykryte jedynie cienką warstwą czwartorzędową. Ilasty nadkład jest nieprzepuszczalny dla gazów. Uniemożliwił on naturalne odmetanowanie karbonu i dlatego kopalnia należy do bardzo silnie gazowych.

Szybami oraz innymi wyrobiskami górniczymi przebito na kopalni 31 pokładów węgla. Otrzymały one numerację od 1 do 31 licząc od pokładu najwyższego. Tylko część z tych 31 pokładów została uznana za zdolną do eksploatacji. Jeden z otworów wiertniczych przebił w północnej części kopalni kilka pokładów węgla wyższych od pokładu 1. Są one oddzielone od pokładu 1 grubą serią piasków z konglomeratami.

Rozciągłość warstw karbonu jest równoleżnikowa, a upad 8—30° ku północy.

W okresie sporządzania projektu kopalnia prowadziła wybierkę trzema ścianami. Eksploatowano pokłady 6, 15 i 29, każdy w innej części kopalni.

W otoczeniu ścian w pokładach 15 i 29 była poprzednio prowadzona eksploatacja, która spowodowała odprężenie górotworu i częściowe jego odmetanowanie. Do wyrobisk w pokładzie 29 wydziela się 2,75 — 5,75 m³ na 1 minutę, zaś do wyrobisk w pokładzie 15 wydziela się 0,7 — 1,4 m³ metanu na 1 minutę. Są to ilości nieduże i dlatego nie projektuje się ujmowania metanu przy wybierce tych pokładów. Większą natomiast gazowość wykazują wyrobiska



Rys. 2

w pokładzie 6. Wybierkę tego pokładu prowadzono w nowej przedtem nie eksploatowanej części kopalni.

Pokład 6 w wybieranej partii posiada zmienną grubość w granicach od 1,3 do 2,0 m. Rozciągłość jest w przybliżeniu W—E, upad 17 do 22° ku N. Pokład wybiera się systemem ścianowym po rozciągłości do granic. Ściana jest około 170 m długa (rys. 2). Wzdłuż chodnika podstawowego pozostawia się filar węglowy około 20 m szeroki. Ścianę łączy się z chodnikiem podstawowym przecinkami, przebijającymi filar co około 30 m. Wybierkę prowadzi się na zawal, z tym, że wzdłuż chodnika wentylacyjnego układa się pas podsadzki suchej około 10 m szeroki. Węgiel urabia się na dwie zmiany na dobę. Dobowy postęp ściany wynosi 0,8 m.

W ślad za posuwającym się frontem ściany, w odległości od niego do 4,5 m, wyrabowuje się obudowę. Następuje przy tym zawal stropu bezpośredniego zmiennej grubości, na ogół nie większej od 3 m. Tworzą go mulkowce. Strop zasadniczy tworzy seria piaskowcowa z przerostami mulkowców. Zawal stropu zasadniczego następuje okresowo co około 3 miesiące.

Po ogólnym zapoznaniu się z występowaniem metanu w badanej części kopalni, przystąpiono do pomiarów zawartości metanu w prądzie powietrza opływającego pole górnicze. Ustalono 7 punktów pomiarów. Zaznaczone są one na rys. 2. Punkt 1 wyznaczono w chodniku podstawowym około 770 m a punkt 2 około 110 m przed frontem ściany. Punkt 3 znajdował się na dole ściany koło filara oporowego, punkt 4 w środku, a punkt 5 u góry ściany, w odległości kilku metrów od chodnika wentylacyjnego. Punkt 6 wyznaczono w chodniku wentylacyjnym około 22 m, a punkt 7 około 530 m od frontu ściany.

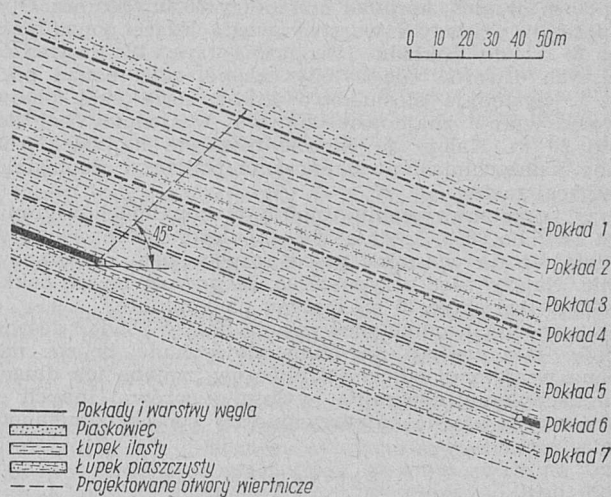
Wykonano serie systematycznych pomiarów. W okresie wykonywania każdej serii, określano zawartość metanu w powietrzu kopalnianym co 4 godziny we wszystkich 7 punktach pomiarowych. Wyniki pomiarów zestawiono na wykresach.

Na rys. 3. przedstawiono dla przykładu jeden z wykresów zawartości metanu w m³/l min. w prądzie powietrza przewietrzającego pole.

Ilość metanu w chodniku podstawowym jest nieduża i wzrasta powoli w kierunku od punktu 1 do 2. Pomiędzy punktami 2 i 5, a zatem przy przepływie powietrza od chodnika podstawowego do górnej części ściany, przyrost zawartości metanu jest coraz szybszy, aż wreszcie przy przejściu ze ściany do chodnika wentylacyjnego otrzymujemy gwałtowny skok zawartości metanu. Ilustruje nam to prawie pionowy przebieg linii wykresu pomiędzy punktami 5 i 6. W chodniku wentylacyjnym zawartość metanu w dalszym ciągu wzrasta, ale nie tak gwałtownie jak w górnej części ściany.

Jak to już wyżej wspomniano, część metanu wydzielającego się z pokładu wybieranego w dolnej części ściany dostaje się do skał stropowych, wędruje nimi w kierunku

ruchu powietrza kopalnianego i wpływa między innymi do wyrobisk w najwyższej części ściany. Tłumaczyć to może nieco szybszy przyrost zawartości metanu w górnej części ściany, ale w żadnym przypadku nie tak duży jak obserwowaliśmy. Ten gwałtowny przyrost zawartości metanu jest spowodowany jego dopływem ze starych zrobów. Pokłady węgla leżące ponad i poniżej starych zrobów odprężają się. Wydziela się z nich metan, który poprzez skały płone dostaje się do starych zrobów. Do starych zrobów dostaje się zapewne również część metanu z wybieranego pokładu, ale nie mogą to być duże ilości. Metan wznosi się starymi zrobami ku górze, lecz napotyka na pas podsadzki ułożonej wzdłuż chodnika wentylacyjnego, która stanowi duży opór dla przepływu gazów. Dlatego znaczna większość



Rys. 4

metanu wydzielającego się do starych zrobów omija pas podsadzki i dopływa do powietrza kopalnianego wzdłuż frontu ściany, ale w największych ilościach w najwyższej części ściany, gdzie powietrze wpływa pomiędzy front ściany i pas podsadzki. Wzrasta tam gwałtownie zawartość metanu w powietrzu kopalnianym. Jedynie część metanu ze starych zrobów przenika przez pas podsadzki, dostaje się wprost do chodnika wentylacyjnego i powoduje tam pomiędzy punktami 6 i 7 dość duży przyrost zawartości metanu, ale nie tak gwałtowny jak w górnej części ściany.

Z powyższego wynika, że tylko nieduża część metanu odprowadzanego z pola górniczego pochodzi z pokładu wybieranego, natomiast znaczna większość pochodzi z warstw i pokładów węgla występujących ponad i pod wybranym pokładem. Przypuszczenie to potwierdza brak zależności pomiędzy cyklem pracy na ścianie a ilością metanu wydzielającego się w polu.

Nie umiemy dokładnie wyznaczyć, jaka część metanu pochodzi z pokładu wybieranego. Przybliżone wyliczenie wykazuje, że tylko 1/10 część całej ilości metanu wydzielającego się w polu pochodzi z pokładu wybieranego, zaś 9/10 ze skał otaczających (8). Nie są to cyfry dokładne, ale orientują w rzędzie wielkości.

Przeprowadzone pomiary wykazały, że w omawianym polu wydziela się zmienna ilość metanu wahająca się w granicach od 25,4 do 33,6 m³ na minutę. Pochodzi on w głównej mierze ze skał otaczających pokład wybierany, przede wszystkim z pokładów i warstw węgla nadległych, odprężających się przy wybierce pokładu 6. Warunki dla odmetanowywania wydają się tam zatem dogodne.

Zaproponowano odmetanowywanie metodą otworów wierniczych w poprzek warstw. Metoda ta jest najczęściej stosowana, gdyż posiada duże zalety w stosunku do metod pozostałych. Łatwo ją można dostosować do warunków występowania pokładu i do sposobu jego wybierania. Nie wymaga ona uprzedniego przeprowadzenia robót przygotowawczych w pokładach nadległych. Nie stwarza prawie zupełnie niebezpieczeństwa pożaru. Bardzo ważną zaletą tej metody jest możliwość kierowania ilością ujmowanego metanu i jego czystością. Kierujemy ujmowaniem metanu włączając i wyłączając poszczególne otwory z systemu odmetanowującego, zmieniając depresję u wylotu poszczególnych otworów, zmieniając odstęp pomiędzy otworami, przecyszczając i uszczelniając otwory itd.

Przy odmetanowywaniu kopalń za granicą na drodze doświadczeń określono sposoby prowadzenia robót, przy których uzyskuje się najkorzystniejsze wyniki odmetanowywania. W oparciu o te doświadczenia sporządzono projekt odmetanowywania pola.

W szczególności zaproponowano, aby otwory dla ujmowania metanu wiercić z chodnika wentylacyjnego, tzn. nadścianowego, do skał stropowych w kierunku nad stare zrobby. Otwory winny być prowadzone równolegle do płaszczyzny pionowej prowadzonej przez front ściany, a z poziomem powinny tworzyć kąt 45°. Zaproponowano wiercenie otwo-

rów 80 m długich, koronką o średnicy 80 lub 60 mm. Otwory przebijają pokłady i warstwy węgla leżące ponad pokładem 6, aż do pokładu 1 włącznie (rys. 4). Prowadzenie dłuższych otworów nie byłoby celowe, gdyż ponad pokładem 1 występuje stosunkowo gruba seria skał płonnych. Otwory winny znajdować się we wzajemnej odległości około 20 m. Należy je wiercić możliwie najbliżej frontu ścian i natychmiast po ukończeniu podłączyć do instalacji ujmującej metan.

Przy odmetanowywaniu ujmują w kopalniach zagranicznych 40% do 80%, średnio 50% tej ilości metanu, jaka wydzielala się do wyrobisk przed rozpoczęciem odmetanowywania. Należy więc przypuszczać, że przy wybiecie pokładu 6 można ująć około 15 m³ metanu na 1 minutę.

Po rozpoczęciu odmetanowywania należy zbadać doświadczalnie, jaki wpływ na odmetanowywanie będzie miała zmiana wzajemnej odległości otworów, zmiana ich długości, kąta nachylenia, depresji u wylotu otworów i innych elementów oraz ustalić najkorzystniejszy sposób odmetanowywania.

Literatura

1. W. Budryk — Przewietrzanie wyrobisk — Górnictwo, Tom X — Wentylacja kopalń. Część I. Katowice 1951.

2. K. Kegel — Bergmännische Gebirgsmechanik im Abbau bei festem und bei losem Gebirge, Berg. — und Aufbereitungstechnik von K. Kegel, G. Spackeler, E. Rammner, Band III, Geologische und technologische Grundlagen des Bergbaues, Teil 2. Halle (Saale) 1950.
3. W. Lesiecki — Zapobieganie wybuchom gazu kopalnianego, Życie Techniczne 1938.
4. G. D. Lidin — Walka z wydzielaniem się gazów w kopalniach węgla, Stalino 1954.
5. H. Łabędzki — Górnictwo w Polsce, Warszawa 1841.
6. H. Łabędzki — Przypadki nieszczęśliwe w kopalniach węgla kamiennego w Polsce. — 1843.
7. Cz. Poborski — Budowa mikroskopowa i geneza niektórych złóż sapropelitów z Górnolaskiego Zagłębia Węglowego, Archiwum Górnictwa i Hutnictwa 1954.
8. Cz. Poborski — Badania możliwości odmetanowywania kopalni w Górnolaskim Zagłębiu Węglowym, Biuletyn Głównego Instytutu Górnictwa 1953.
9. Captage du grisou. Institut National de l'Industrie Charbonnière, Liège, Bulletins Techniques Nr 1—2—3—4—5—6—7 et 13, 1949.
10. Le captage du grisou. Institut National de l'Industrie Charbonnière, Liège, Bulletin Technique-Mines Nr 27, 28, 1951 et Nr 29, 1952.
11. Przepisy technicznej eksploatacji kopalń węgla, Katowice 1951.
12. Report by the Ministry of Fuel and Power and National Coal Board Joint Working Party on the Drainage of Firedamp from Mines.

Mgr inż. ZBIGNIEW GRĘBSKI

Pobór gazu ziemnego z serii węglonośnej odwiertami z powierzchni

Polskie zagłębie węglowe zalicza się do jednych z największych gazonośnych zagłębi w Europie. Pomimo to, sprawa możliwości eksploatacji metanu z warstw węglonośnych nie budziła do niedawna większego zainteresowania, jakkolwiek metan stwarzał duże niebezpieczeństwo w eksploatacji węgla. Dopiero po ostatniej wojnie szybki rozwój górnictwa węglowego oraz usiłowania, by zwiększyć warunki bezpieczeństwa pracy, spowodowały podjęcie pierwszych kroków nad odgazowaniem pokładów węgla przed ich eksploatacją.

Wiercenia poszukiwawcze prowadzone m.in. w rejonie Rybnika, na terenie gromady Marklowice, stwierdziły występowanie tam gazu ziemnego (metanu) w większych ilościach w karbońskiej serii węglonośnej. Eksploatację gazu z tych warstw rozpoczęto na skalę przemysłową w roku 1951.

Eksploatację gazu prowadzi się odwiertami wierconymi z powierzchni ziemi. Ponieważ jednak uzyskane wyniki eksploatacji nie pokrywały się z doświadczeniami uzyskanymi przy eksploatacji podkarpackich złóż gazowych, postaram się pokrótce przedstawić dotychczasowy przebieg eksploatacji gazu z warstw karbońskich tego rejonu.

Dla wyjaśnienia całokształtu zagadnienia pozwolę sobie na wstępie krótko naświetlić genezę odkrycia i eksploatacji tych gazonośnych warstw.

W roku 1923 na terenie gromady Marklowice zaplanowano założenie nowej kopalni węgla kamiennego. W związku z tym rozpoczęto w tym roku głębenie szybu wentylacyjnego. Szyb ten o średnicy 4,5 m zgłębiono do głębokości 360 m.

W roku 1928 rozpoczęto z szybu pędzenie przekopu na poziomie 195 m. w pracy natrafiono na nieprzewidzianą przeszkodę w postaci bardzo silnego dopływu metanu do przodka w ilości około 20 m³/min. Uniemożliwiło to dalsze kontynuowanie robót w rezultacie czego wylot szybu omurowano pozostawiając dla metanu wolne ujście w atmosferę otworami śr. 125 i 250 mm. Otworami tymi do dzisiaj wypływa gaz w ilości około 3 m³/min.

Z uwagi na występowanie metanu przemysł węglowy przez dłuższy okres przestał się interesować tym polem pod względem możliwości eksploatacji węgla. Dopiero w roku 1947 w poszukiwaniu pokładów węgla koksującego, rozpoczęto ponownie wiercenia badawcze na tym polu, odwierając trzy odwierty, a to M-2, 3 i 4, w których również stwierdzono występowanie większych ilości gazu ziemnego w warstwach węglonośnych.

Ponieważ odkryte pokłady węgla zawierały węgiel koksujący — zdecydowano się przeprowadzić intensywną eksploatację gazu ziemnego z powyższych warstw sądząc, że spowoduje to odgazowanie pokładów węgla, co winno umożliwić ich późniejszą bezpieczną odbudowę górnictwa.

Dla zrozumienia przebiegu eksploatacji gazu z warstw karbońskich konieczna jest znajomość budowy geologicznej tego terenu. Ze względu jednak na brak miejsca naświetle jedynie ogólnie jego charakterystykę geologiczną, opierając się na rozpracowaniu tego obszaru pod względem geologicznym dokonany przez pracowników służby geologicznej Przeds. Geologicznego Przemysłu Naftowego, a w szczególności przez inż. Regulową.

Marklowice położone są na południe od Rybnika, w południowej części niecki Chwałowickiej. Karbon produktywny nakryty jest tutaj trzeciorzędem stosunkowo niewielkiej miąższości, bo rzędu 60—100 m. Nakład reprezentowany jest, idąc od dołu, przez miocen wykształcony w postaci ilów, nast. pleistocen wykształcony w postaci drobnoziarnistych piasków fluwiogłajnych, a wreszcie holocen wykształcony w postaci glin.

Pod tym nakładem na terenie Marklowic znajdują się wychodne warstw karbońskich, przy czym, idąc od południa, spotyka się najpierw wychodne warstw brzeźnych, nast. siodłowych i rudzkich. Warstwy te zapadają łagodnie ku północy, zaś ku wschodowi i zachodowi podnoszą się tworząc rodzaj niecki.

Właściwe pole gazowe ograniczone jest od zachodu nasuniem Michałowickim, od południa wypiętrzeniem Jastrzębie — Mszana. Od wschodu granicę tę tworzy poziom wodonośny położony w środku niecki w jej najgłębszej partii. Poziom ten rozgranicza warstwy gazonośne położone na terenie Marklowic od warstw położonych na terenie Świerklan. Brak wyraźnej granicy na terenie Marklowic od strony północnej. Dla pola Świerklany granicę tę tworzy uskók o kierunku S-E, zaś granicę wschodnią prawdopodobnie nasunięcie orłowskie. W swoim rozpracowaniu geologicznym terenu Marklowic inż. Regulowa wyodrębniła trzy zasadnicze horyzonty gazowe, które tworzą piaskowce. Horyzonty te przegrodzone są warstwami nieprzepuszczalnych łupków. Każdy z tych horyzontów posiada inne ciśnienie złożowe. Najbardziej na południe położony jest horyzont trzeci, który posiada najwyższe ciśnienie złożowe rzędu 8 atn. Eksploatują z niego gaz odwierty 39, 52, 57. Horyzont ten położony jest w warstwach brzeźnych. Następny horyzont II posiada ciśnienie 3 atn. Usytuowane na nim są odwierty 10, 15, 27, 28, 36, 43.

Horyzont I, najwyższy, posiada najniższe ciśnienie złożowe rzędu 1,9 atn, z którego eksploatują gaz odwierty pozostałe. Uzyskany dotychczas materiał nie pozwala stwierdzić, w jakich warstwach mieszczą się powyższe horyzonty. Prawdopodobnie horyzont II mieści się w warstwach siodłowych, horyzont I w warstwach rudzkich.

Po omówieniu tej skróconej charakterystyki geologicznej przejdę do właściwego tematu tj. do omówienia samego przebiegu dotychczasowej eksploatacji i wypływających stąd wniosków. Mówiąc o eksploatacji gazu ziemnego z serii węglonośnej na polu marklowickim należy wyodrębnić trzy zasadnicze okresy eksploatacji: gdy pobór gazu kształtował się w sposób bardzo różnorodny, w zależności od rozbudowy sieci gazociągowej i zapotrzebowania odbiorców.

Okres pierwszy to okres uchodzenia gazu w powietrze przez szyb wentylacyjny od roku 1928, tj. od chwili otwarcia złoża przez ten szyb i naruszenia równowagi warunków istniejących w złożu. Drugi okres — to pobór gazu ziemnego do lokalnego gazociągu biegnącego do Radlina pod własnym ciśnieniem złożowym. Okres trzeci to pobór gazu przez tłocznie i oddawanie tego gazu do sieci dalekosiężnej. Okres drugi i trzeci można z kolei podzielić na poszczególne etapy w zależności od wielkości chwilowego poboru i ilości eksploatowanych odwiertów.

Okres pierwszy trwał od roku 1928, kiedy to wskutek silnego dopływu gazu przerwano dalsze prace przy pędzeniu wyrobisk górniczych, a gaz znalazł wolne ujście w atmosferę. Trwał on do roku 1951, tj. przez okres 25 lat. Jest rzeczą zrozumiałą, że do wyciągnięcia pewnych wniosków z tego okresu potrzebna byłaby znajomość ciśnienia złożowego w chwili otwarcia złoża, jak również ilości gazu, który uszedł w atmosferę. Niestety nie posiadamy żadnych danych odnośnie ciśnienia, a jedynie orientacyjne wielkości chwilowego wypływu na początku i na końcu tego okresu.

Podkreślić należy, że obie cyfry trzeba traktować z pewną rezerwą, gdyż nie wiemy, na podstawie jakich pomiarów określono początkowy wypływ, końcowy zaś określono raczej „na oko”. Oceniając bardzo przybliżenie, że w tym okresie średni wypływ gazu szybem wentylacyjnym wynosił 7–9 m³/min. można określić, że przez wspomniany okres dwudziestu pięciu lat wyszło w powietrze około 90–120 milionów Nm³ gazu — średnio 100 mio Nm³. Szyb ten miał połączenie z horyzontem pierwszym i otwarcie złoża szybem spowodowało jego eksploatację. Wszelkie zatem późniejsze spostrzeżenia dotyczą już horyzontu eksploatowanego. Okres drugi jest okresem eksploatacji złoża pod własnym ciśnieniem do gazociągu Marklowice–Radlin. Rozpoczął się on w maju 1951 r. i trwał do października 1953 r., tj. do czasu uruchomienia tłoczni.

W okresie tym można wyodrębnić z kolei trzy etapy, a mianowicie: etap pierwszy poboru gazu z 7 odwiertów do

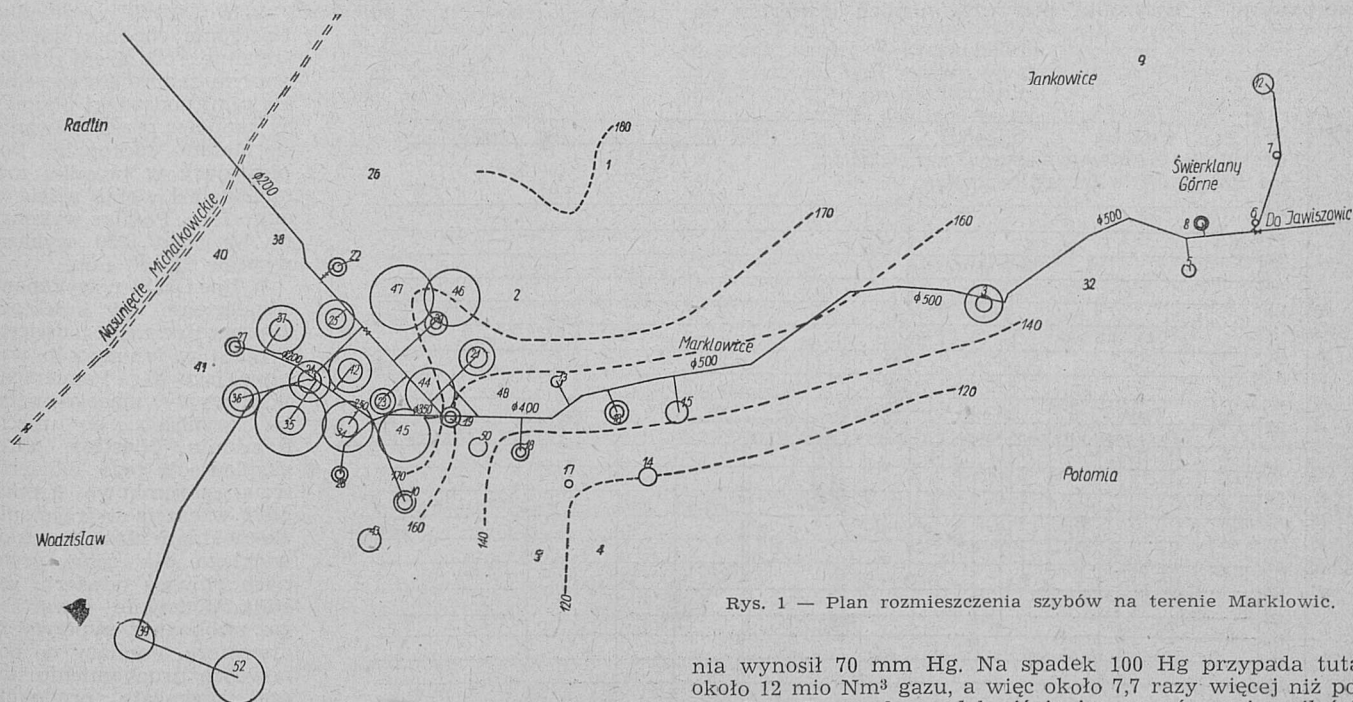
W etapie pierwszym pobierano gaz początkowo z czterech odwiertów, a to: 21, 22, 23, 25, a następnie ze względu na spadek ciśnienia z następnych trzech odwiertów 19, 20 i 24 co nie zatrzymało dalszego spadku ciśnienia. Już po kilku dniach eksploatacji (8 dni) ciśnienie robocze tych odwiertów wynosiło tylko 720 mm Hg. Wszystkie te odwierty eksploatowały również pierwszy horyzont gazowy.

Sytuację tych odwiertów przedstawiono na rys. 1.

W etapie tym pobierano gaz do gazociągu M–R długości 3,5 km, średnicy 200 mm. Szczytowe zapotrzebowanie gazu wynosiło około 30 m³/min., minimalne ciśnienie głowicowe konieczne do przetłoczenia tych ilości gazu wynosiło 400 mm Hg.

Produkcja potencjalna podłączonych 7 odwiertów mierzona oddzielnie wynosiła 308 m³/min. Średnie ciśnienie głowicowe tych odwiertów przed rozpoczęciem eksploatacji wynosiło 1140 mm Hg. W tym czasie pobrano około 10,4 mio Nm³ gazu przy średnim poborze 27 m³/min. Mierzono jedynie całkowitą ilość pobranego gazu przepływomierzem zamontowanym w Radlinie. Ciśnienie głowicowe mierzono sporadycznie w stosunkowo rzadkich odstępach czasu, co nie pozwala na szczegółowszą analizę spadków ciśnień głowicowych tego etapu. Pomimo, że średni pobór stanowił zaledwie 8,8% produkcji potencjalnej eksploatowanych odwiertów — średnie ciśnienie głowicowe spadło w tym czasie z 1140 mm Hg na 470 mm Hg, czyli o 670 mm Hg. Na 100 mm Hg spadku przypada w tym etapie około 1,5 mio Nm³ odebranego gazu.

W etapie drugim pobierano gaz początkowo z 15 odwiertów, a następnie z 18. Były to odwierty czynne w etapie pierwszym oraz 11 dalszych, a to: 3, 8, 10, 16, 18, 27, 28, 34, 35, 37, 42. W tym okresie było ponadto 7 odwiertów nie podłączonych, na których jednak zaznaczał się wyraźny spadek ciśnienia głowicowego w miarę spadku ciśnienia na odwiertach eksploatowanych. Produkcja potencjalna 18 odwiertów połączonych gazociągiem wynosiła 566 m³/min. Średnie ciśnienie głowicowe wynosiło na początku etapu około 470 mm Hg. Etap ten trwał od lutego do września 1952 r., a więc około 7 miesięcy. W tym okresie pobrano dalszych 8,4 mio Nm³ gazu — przy średnim poborze około 28 m³/min. Również i w tym etapie nie mierzono wypływu gazu na poszczególnych odwiertach, a jedynie sumaryczną ilość w Radlinie. Ciśnienia głowicowe mierzono częściej rtęciowym manometrem. Stosunek średniego poboru do produkcji potencjalnej wynosi tutaj około 5%. Ciśnienie głowicowe spadało znacznie wolniej i pod koniec etapu wynosiło 400 mm Hg, czyli spadek ciśnie-



Rys. 1 — Plan rozmieszczenia szybów na terenie Marklowic.

gazociągu Marklowice–Radlin, etap drugi poboru gazu z 18 odwiertów przez nowowybudowany kolektor gazowy, oraz etap trzeci poboru gazu z 19 odwiertów przy równoczesnym zasilaniu go gazem z Podkarpacia.

nia wynosił 70 mm Hg. Na spadek 100 Hg przypada tutaj około 12 mio Nm³ gazu, a więc około 7,7 razy więcej niż poprzednio. Ten mały spadek ciśnienia w porównaniu z ilością odebranego gazu należy przypisać w dużej mierze włączeniu do eksploatacji odwiertów drugiego horyzontu gazowego, jak również pola Świerklany. Pobór gazu odbywał się przez nowowybudowany kolektor gazowy, którego usytuowanie przedstawiono na rys. 1.

W trzecim etapie pobierano gaz z 19 odwiertów. Z odwiertów nie załączonych 11 reagovalo spadkiem ciśnienia głowicowego. Jak już wspomniano, ciśnienie głowicowe nie wystarczyło już na przetłoczenie potrzebnej ilości gazu i dlatego zasilano kolektor od wschodu gazem z gazociągów wysokoprężnych z rejonu Podkarpacia. Wprowadzenie gazu z podkarpackich pól gazowych do kolektora i utrzymanie w nim ciśnienia powyżej 400 mm Hg spowodowało spadek wypływu gazu z odwiertów do około 18 m³/min. Maksymalne zapotrzebowanie gazu przez odbiorców wzrosło do 35 m³/min. Stosunek średniego poboru do produkcji potencjalnej odwiertów podłączonych wynosił około 4,5%. Etap ten trwał od września 1952 do października 1953, czyli około 1 roku. W tym okresie pobrano 11,2 mio Nm³ bez widocznego spadku ciśnienia.

Okres trzeci, tj. pobór gazu do gazociągów dalekosiężnych przy pomocy tłoczni trwał od października do chwili obecnej. W okresie tym pobierano gaz początkowo z 19 odwiertów, a następnie z 23 odwiertów.

W wielkości poboru gazu zaszła w tym okresie zasadnicza zmiana, a mianowicie gaz pobiera się przez tłocznice. O wielkości poboru decyduje więc ilość sprężarek w ruchu. W tłoczni zamontowano 2 sprężarki MAV 2-stopniowe, w układzie V o objętości skokowej 50 m³/min., 600 obr./min. i stosunku sprężania 1 : 10 z tym, że najniższe dozwolone przez dostawcę ciśnienie po stronie ssącej może wynosić 0,5 ata. Sprężarki napędzane silnikami elektrycznymi na napięcie 6.000 V mocy 300 kW.

W okresie tym można wyodrębnić znowu trzy etapy, a mianowicie etap pierwszy eksploatacji przez tłocznice od października 1953 do lipca 1954, następnie etap drugi przerwy w eksploatacji dla regeneracji ciśnienia złożowego, który trwał od 22 lipca do 6 października 1954, tj. 2,5 miesiąca i wreszcie etap trzeci dalszej ponownej eksploatacji po okresie regeneracji, który trwał od października do chwili obecnej.

W etapie pierwszym pobierano gaz początkowo z 19 odwiertów, a następnie od maja z 20 odwiertów i wreszcie pod koniec etapu z 23 odwiertów. W etapie tym pobrano ogółem 16,5 mio Nm³. Średni pobór wynosił w tym okresie około 35 m³/min. Szczytowo pobierano na początku okresu przy dużym ciśnieniu głowicowym do 100 m³/min., później około 65 m³/min. Ciśnienie w tym okresie spadło z 400 mm Hg, do 13 mm Hg, a więc o 387 mm Hg. Na 100 mm Hg spadku ciśnienia przypada w tym etapie 4,3 mio Nm³ gazu.

Etap drugi to zatrzymanie eksploatacji złoża od dnia 22 lipca, zaślepienie odwiertów i regeneracja ciśnienia głowicowych. W etapie tym ze względów ruchowych musiano uruchomić tłocznice przez okres kilkunastu dni, przy czym gaz szczyrpywano z horyzontu pierwszego dwóch odwiertów na

polu Świerklany i odwiertu nr 15. Czas tej krótkiej eksploatacji trwał od 26 sierpnia do 8 września 1954 i pobrano w tym czasie 0,6 mio Nm³ gazu. Spadek ciśnienia głowicowego wynosił z 209 na 102 mm Hg, a więc o 107 mm Hg. Na 100 mm Hg spadku ciśnienia przypada w tym okresie produkcja 0,56 mio Nm³ gazu, więc bardzo mało w porównaniu z okresami poprzednimi. Pobór średni wynosił 32 m³/min.

Etap trzeci, to jest ponownej eksploatacji złoża przez tłocznice, trwa do dzisiaj.

Jako oddzielne zagadnienie należy omówić przebieg eksploatacji horyzontu trzeciego, horyzontu o wysokim ciśnieniu złożowym. Eksploatacja tego horyzontu jest dopiero w stadium początkowym (rozpoczęto w maju 1954) — eksploatakuje się obecnie trzy odwierty.

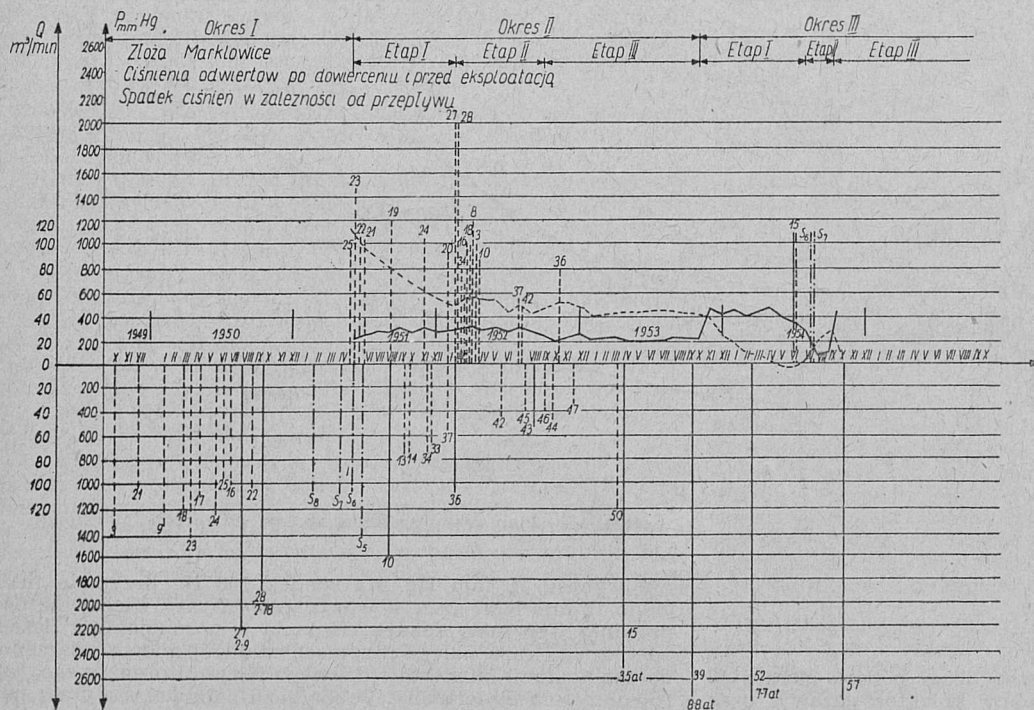
Na południowym obrzeżeniu pola gazowego odwiercono odwiert nr 39, który natrafił na nowy horyzont gazowy o ciśnieniu 8 atm. Pomierzona produkcja potencjalna tego odwiertu wynosiła 28 m³/min. Ze względu na wysokie ciśnienie odwiert podłączono bezpośrednio z gazociągiem Marklowice — Radlin omijając tłocznice gazu. Uruchomienie odwiertu nastąpiło w maju 1954 r., przy czym odwiert ten eksploatowano zasadniczo tylko w przypadku niedoboru gazu na sieci wysokoprężnej. Traktowany był jako odwiert eksploatowany tylko w okresie dużego zapotrzebowania.

Eksploatacja tego odwiertu nie powodowała spadku ciśnienia na odwiertach sąsiednich tego horyzontu, a to na odwiertach 52 i ciśnieniu głowicowym 6,2 atm i 57 o ciśnieniu głowicowym 7,7 atm, co świadczy, że z tych odwiertów odprowadza się gaz w nieco odmiennych warunkach niż w horyzoncie pierwszym i drugim. Odwierty 52 i 57 podłączono w listopadzie 1954 r. również bezpośrednio do sieci wysokoprężnej. Eksploatuje się jedynie sporadycznie, w przypadku niedoboru gazu. Dotychczasowy okres eksploatacyjny jest jednak zbyt krótki, by na jego podstawie wyciągnąć jakiekolwiek wnioski.

Oddzielnego omówienia wymaga również odwiert dający pewną produkcję gazu ziemnego, a leżący poza zasięgiem zarówno pola Marklowice jak i Świerklan, a mianowicie odwiert Jankowice 12. Sytuacja tego odwiertu przedstawiona jest na mapie. Odwiert ten odwiercono został zasadniczo dla potrzeb pobliskiej kopalni węgla Jankowice. Kopalnia ta w roku 1950 posunęła się z górnymi robotami przygotowawczymi w kierunku południowym. W czasie pędzenia chodnika wentylacyjnego w przodku zaznaczył się silny dopływ metanu, który spowodował wstrzymanie robót na tym odcinku. By dopływającego metanu nie odprowadzać przez drogi wentylacyjne kopalni, z powierzchni odwiercono odwiert do pędzonego chodnika w odległości około 500 mb od przodka.

Następnie chodniki łączące kopalnię z obszarem zagazowanym zamknięto szczelnymi korkami podsadzki płynnej, by zapobiec przedostawaniu się metanu do kopalni. Dopływający w przodku metan znalazł wolne ujście w atmosferę. Pomiar wykonany w roku 1950 wykazał wypływ 25 m³/min.

W lipcu 1954 r. wykonano odgałęzienie od kolektora ssącego tłoczni do odwiertu i ujęto w ten sposób wypływający gaz. Pomierzona ilość wypływającego metanu wynosiła po ujęciu 5 m³/min. Niestety, okres eksploatacji tego odwiertu trwał stosunkowo krótko, gdyż w czasie wstrzymania eksploatacji złoża marklowickiego dla celów próbnych głowica odwiertu została ponownie otwarta i gaz swobodnie wypływał w atmosferę. Pomiary po ponownym uruchomieniu tłoczni wykazały produkcję również 5 m³/min. przy ssaniu na głowicy 10 mm SW, tj. w warunkach jak poprzednio. Zwiększenie ssania do 30 mm SW spowodowało zwiększenie pro-



Rys. 2 — Złoże Marklowice. Spadek ciśnienia.

dukcji do 6 m³/min. Należy jednak podkreślić, że okres poboru gazu przy zwiększonym ssaniu był zbyt krótki, by przepliw był już ustabilizowany. W przybliżeniu ocenia się, że odwiertem tym uszło w powietrze 28 — 30 mio Nm³ gazu.

Odrębną również jednostkę produkcyjną stanowi odwiert nr 15 należący do horyzontu drugiego. Odwiert ten dowiecono w czerwcu 1953. Ciśnienie głowicowe po dowieczeniu wynosiło 3,5 at. Do kolektora podłączono go w maju 1954 r. W tym czasie ciśnienie głowicowe opadło z 3,5 at na 1,5 at. Oznaczałoby to, że na odwiert ten wpływa eksploatacja odwiertów innych. W okresie jednak stabilizacji ciśnień, ciśnienie głowicowe odwiertu podniosło się w ciągu pierwszego dnia z 20 mm Hg na 1,5 atn, a następnie w ciągu 15 dni na 1,7 atn i utrzymywało się na tej wysokości przez cały okres stabilizacji. Ciśnienie to było więc daleko wyższe od ciśnień średnich, zaobserwowanych na innych odwiertach tego pola. W okresie eksploatacji pobrano z niego około 400 tys. Nm³ bez spadku ciśnienia.

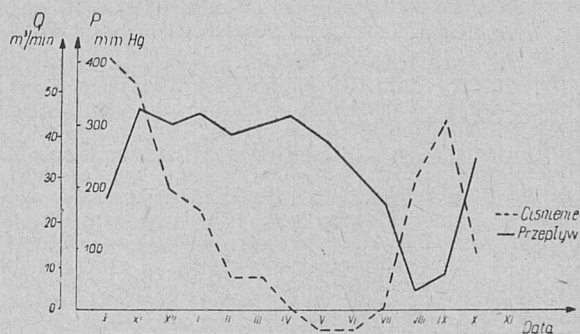
Opisany wyżej przebieg poboru gazu z odwiertów gazowych położonych na terenie Markłowic i Świerklan oraz przebieg średnich wartości ciśnień z odwiertów eksploatowanych w zależności od czasu przedstawiono na rysunku 2, na którym zaznaczono również i daty dowieceń, daty podłączeń oraz ciśnienia poszczególnych odwiertów po dowieczeniu i przed podłączeniem. W dolnej części wykresu pionowe linie oznaczają daty dowieceń, w górnej — daty podłączeń. Długości linii pionowych określają odpowiednie ciśnienia po dowieczeniu i przed podłączeniem do eksploatacji.

Wyodrębniono tutaj oddzielnie odwierty produkujące z horyzontu pierwszego jako linie przerywane, drugiego — jako linie ciągłe. Odwierty pola Świerklany oznaczone są literą S, zaś odwierty trzeciego horyzontu grubszą linią ciągłą. Krzywa ciągła oznacza przebieg średniego poboru miesięcznego, zaś krzywa przerywana — wielkość odpowiednich średnic ciśnień głowicowych odwiertów eksploatowanych.

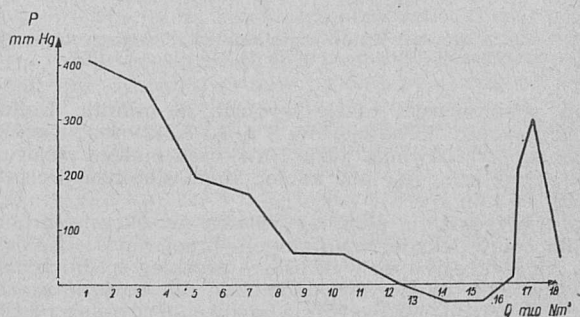
Wielkość linii pionowych w dolnej części wykresu wskazuje na ogólną zasadę ważną dla wszystkich horyzontów, że im później został dany odwiert dowiecony, tym niższe jest jego ciśnienie głowicowe po dowieczeniu. Uwydatnia się to szczególnie w przypadku horyzontu pierwszego i drugiego. Produkcja potencjalna mierzona indywidualnie na poszczególnych odwiertach wypadła dosyć wysoko, jednak pobór gazu nie potwierdza tych wyników.

Nasuwa się tutaj przypuszczenie, że w czasie pomiaru zdolności produkcyjnej mierzy się produkcję nie tylko odwiertu badanego, ale również i odwiertów sąsiednich. Przemawiają za tym także i inne wykresy, z których widoczne, że spadek ciśnienia na odwiertach nie eksploatowanych przebiega niemal równocześnie ze spadkiem ciśnienia odwiertów eksploatowanych na horyzoncie pierwszym.

Rys. 3 przedstawia przebieg ciśnień w odwiertach eksploatowanych oraz nieeksploatowanych horyzontu pierwszego, drugiego oraz pola Świerklan, w zależności od ilości pobranego gazu. Z wykresu widać, że na eksploatację złoża rea-



Rys. 4 — Złoże Markłowice. Spadek ciśnienia głowicowego i wielkość poboru gazu w okresie eksploatacji tłoczni od 1.X.54 do 1.XI.54 r.

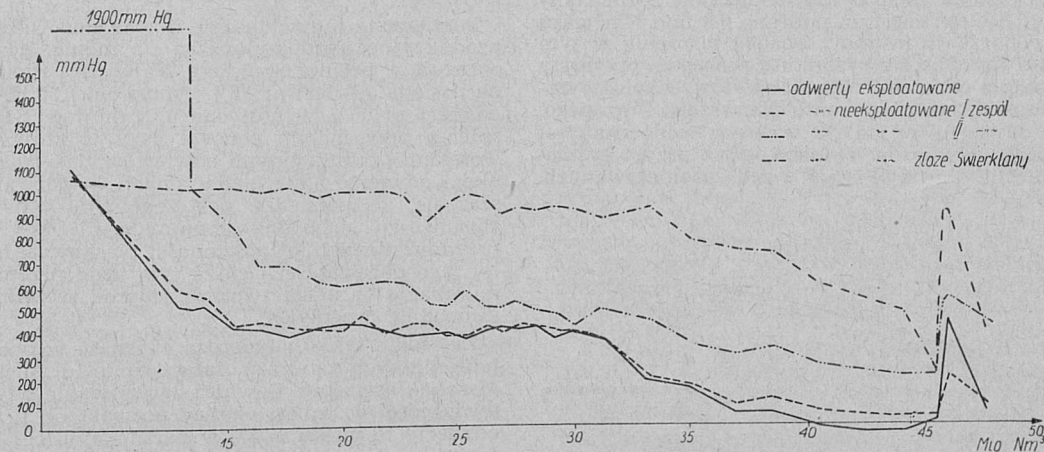


Rys. 4a — Złoże Markłowice. Spadek ciśnienia głowicowego w zależności od ilości pobranego gazu w okresie eksploatacji tłoczni od 1.X.54 do 1.XI.54 r.

go 1952 powoduje dopiero spadek ciśnień na nim. Pole Świerklany eksploatowane jest tylko dwoma odwiertami, a to M 3 i S 8.

W drugim etapie reaguje na tym polu jedynie odwiert S 3, natomiast ciśnienia odwiertów 6 i 7 pozostają praktycznie bez zmian. Dopiero eksploatacja przez tłocznice pod niskim ciśnieniem powoduje spadek ciśnienia na tych odwiertach. Gwałtowny spadek ciśnienia pod koniec okresu to podłączenie tych odwiertów do eksploatacji w lipcu 1954.

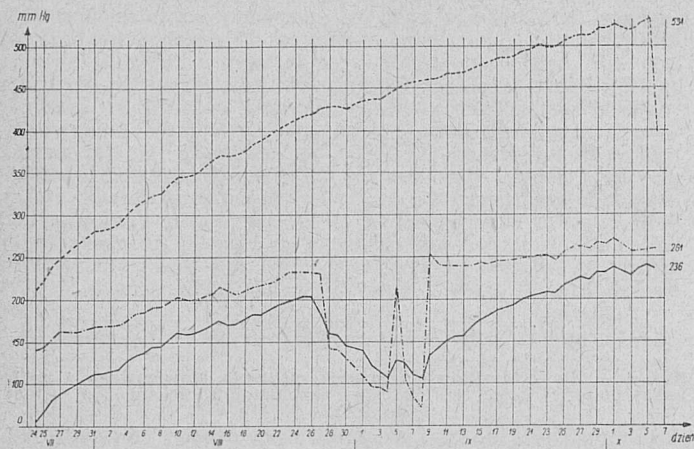
Rys. 4 obrazuje przebieg średnich ciśnień odwiertów eksploatowanych w okresie eksploatacji złoża przez tłocznice. W górnej części wykresu podano przebieg ciśnień w czasie, przy czym na tym samym wykresie podano również średnie przepływy w odpowiednich miesiącach. Dolna część wykresu podaje przebieg ciśnień w zależności od ilości pobranego gazu.



Rys. 3 — Złoże Markłowice. Spadek ciśnienia głowicowego w zależności od ilości pobranego gazu.

gują wszystkie odwierty nieeksploatowane. Odwierty horyzontu pierwszego reagują od razu, od chwili rozpoczęcia eksploatacji złoża. W pierwszym okresie eksploatacji produkuje tylko horyzont pierwszy, więc odwierty pozostałych horyzontów nie wykazują wyraźnego spadku ciśnienia. Włączenie do eksploatacji horyzontu drugiego na początku lute-

go 1952 powoduje dopiero spadek ciśnień na nim. Pole Świerklany eksploatowane jest tylko dwoma odwiertami, a to M 3 i S 8. W drugim etapie reaguje na tym polu jedynie odwiert S 3, natomiast ciśnienia odwiertów 6 i 7 pozostają praktycznie bez zmian. Dopiero eksploatacja przez tłocznice pod niskim ciśnieniem powoduje spadek ciśnienia na tych odwiertach. Gwałtowny spadek ciśnienia pod koniec okresu to podłączenie tych odwiertów do eksploatacji w lipcu 1954.



Rys. 5 — Złoże Marklowice. Wykres ciśnien głowicowych w okresie stabilizacji ciśnien od dnia 24.VII. do 6.IX.1954 r.

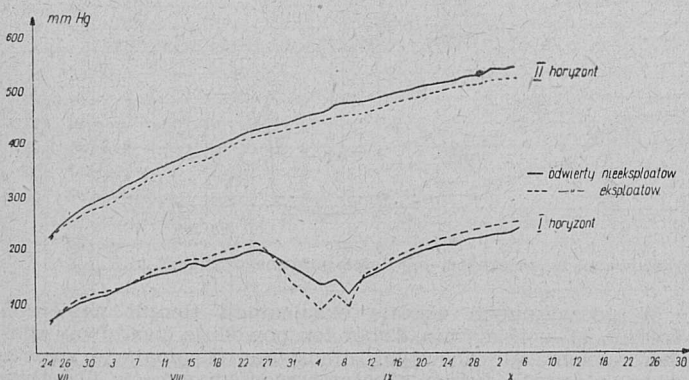
Średni pobór w tym czasie wynosił $35 \text{ m}^3/\text{min}$. Lipiec to miesiąc podłączenia odwiertów S 6, 7 i J. 12 oraz stosunkowo małego zapotrzebowania gazu. Na skutek małego poboru ciśnienie rośnie osiągając pod koniec etapu stabilizacji ciśnienie średnie 307 mm Hg .

Rys. 5 przedstawia przebieg ciśnien w okresie próbnym, gdy dla celów eksperymentalnych przerwano eksploatację złoża. Na wykresie tym wykreślono przebieg średnich ciśnien dla wszystkich odwiertów, oddzielnie dla horyzontu pierwszego i drugiego. Na wykresie pokazano również oddzielną krzywą przyrost ciśnien na odwiercie nr 20 ze względu na nieco odmienny charakter krzywej. Z wykresu widać, że po odstawieniu z eksploatacji ciśnienie na tym odwiercie było wyższe od średnich na tym horyzoncie. Przyrosty ciśnien na nim są znacznie wolniejsze niż przyrosty średnie dla wszystkich odwiertów. W okresie stabilizacji obie krzywe zbliżają się do siebie, osiągając przypuszczalnie po dłuższym okresie wspólną wartość.

Pomimo stosunkowo długiego okresu stabilizacji ciśnienia, bo trwającego 2,5 miesiąca, średni przyrost ciśnien był tak wolny, że całkowita stabilizacja nie nastąpiła. Na wykresie zaznacza się początkowo stosunkowo silniejszy przyrost ciśnien, który w pierwszych dniach wynosił $10 \text{ mm Hg}/\text{dobę}$ dla horyzontu drugiego i $8,5 \text{ mm Hg}/\text{dobę}$ dla horyzontu pierwszego. Pod koniec okresu przyrost ciśnien odpowiednio zmalał do $2,3 \text{ mm Hg}/\text{dobę}$ i $2 \text{ mm Hg}/\text{dobę}$. Okres stabilizacji był zbyt krótki, by wyciągnąć wnioski, po jakim czasie nastąpi całkowita stabilizacja ciśnienia i na jakich wysokościach ciśnienia powyższe się ustala.

Założenie krzywej dla horyzontu pierwszego to okres chwilowej eksploatacji tego horyzontu prowadzony celowo.

W tym czasie eksploatowane było również pole Świerklany oraz odwiercie 15. W okresie tym pobrano $0,6 \text{ mio Nm}^3$ gazu przy średnim poborze $40 \text{ m}^3/\text{min}$. Spadek ciśnienia w tym czasie wynosił 107 mm Hg . Na rysunku 6 pokazano przyrosty ciśnien w tym etapie oddzielnie dla odwiertów eksploatowanych i nie eksploatowanych horyzontu pierwszego i drugiego, z wyłączeniem odwiertu nr 15. Z wykresu widoczna jest dobra komunikacja odwiertów ze sobą, gdyż przyrosty ciśnien są równomierne dla odw. ekspl. i nie eksploatowanych.



Rys. 6 — Złoże Marklowice. Przyrost ciśnienia głowicowego w okresie przerwy w eksploatacji tłoczni od 24.VII.54 do 6.IX.54 r.

Opisany powyżej pokrótce dotychczasowy przebieg eksploatacji gazu ziemnego z warstw karbońskich pozwala na wyciągnięcie pewnych wniosków odnośnie natury występowania gazu w tych warstwach i możliwości jego dalszej eksploatacji na skalę przemysłową. W pierwszym rzędzie dotychczasowe doświadczenia wskazują, że nie można tutaj operować takimi terminami jak: złożo gazowe, horyzont gazowy i zdolność produkcyjna odwiertu, w takim znaczeniu, jak to ma miejsce w złożach podkarpaccich.

Terminy powyższe posiadają w przypadku warstw karbońskich zupełnie inne znaczenie. Brak jakiegokolwiek zależności pomiędzy spadkiem ciśnienia i ilością wyprodukowanego gazu wskazuje na to, że nie mamy tutaj do czynienia ze złożem gazowym w znaczeniu zamkniętego zbiornika, z którego pobiera się gaz, lecz że następuje stały dopływ gazu do eksploatowanego piaskowca z jakiegoś źródła dalszego, którym są prawdopodobnie pokłady węgla.

Na podstawie spadku ciśnien przy krótkotrwałej eksploatacji złoża w okresie stabilizacji ciśnien można orientacyjnie, drogą pośrednią, obliczyć pojemność piaskowca horyzontu pierwszego kierując się następującym rozumowaniem:

Przez pierwszych 10 dni eksploatacji pobrano $0,48 \text{ mio Nm}^3$ gazu, przy czym eksploatowano również odwiercie nr 15, 3 i S 8. Produkcję tych odwiertów można oszacować na $0,13 \text{ mio Nm}^3$, pozostałych $0,350 \text{ mio}$ przypada na horyzont pierwszy.

Spadek ciśnienia w okresie pierwszych dziesięciu dni eksploatacji wynosił 98 mm Hg , bo z 205 na 107 mm Hg . Zakładając, że całą podaną produkcję pobrano z pojemności piaskowca otrzymujemy jako pojemność równą $2,7 \text{ mio m}^3$ gazu na 1 atn . Po eksploatacji przyrost ciśnienia o 98 mm Hg trwał 14 dni. Uwzględniając obliczoną poprzednio pojemność piaskowca dopływ gazu musiałby wynosić średnio $17,4 \text{ m}^3/\text{min}$, by w tym okresie ciśnienie w zbiorniku piaskowca podniosło się o podanych 98 mm Hg .

Zakładając ponownie, że w okresie eksploatacji przyrzuły do zbiornika był równomierny i wynosił obliczone $17,4 \text{ m}^3/\text{min}$ i uwzględniając ilość pobranego gazu w tym okresie można wyliczyć, że z zapasu pobrano 100 tys. Nm^3 przy spadku ciśnienia 98 mm Hg . Odpowiada to pojemności piaskowca $0,78 \text{ mio Nm}^3$ na 1 atn .

Powtarzając to rozumowanie i podstawiając obliczone poprzednio przybliżone wartości, można drogą kolejnych przybliżeń wyliczyć, że pojemność zbiornika tego horyzontu wynosi $1,7 \text{ mio Nm}^3$ na 1 atn oraz, że dopływ gazu do zbiornika wynosi średnio około $10,5 \text{ m}^3/\text{min}$, w granicach ciśnien złożowych $107 - 205 \text{ mm Hg}$. Naturalnie, że obliczenie powyższe nie jest ścisłe, podaje jedynie wielkości przybliżone, które jednak w pewnym stopniu charakteryzują złożo. Jak poprzednio wspomniano, suma zdolności produkcyjnych, mierzonych indywidualnie dla każdego odwiertu, wypadła dość wysoko. Dla horyzontu pierwszego wynosi ona $348 \text{ m}^3/\text{min}$, przy czym zaznacza się duża rozpiętość zdolności prod. dla poszczególnych odwiertów.

Pomierzone indywidualnie dla każdego odwiertu zdolności produkcyjne uwidocznione są na mapie, gdzie wielkości te obrazują w pewnej skali koła. Najwyższą zdolność produkcyjną posiada odwiercie nr 35 i wynosi ona $130 \text{ m}^3/\text{min}$, najniższą odwiercie nr 17 i wynosi ona $0,73 \text{ m}^3/\text{min}$. Szybki spadek ciśnienia przy małym poborze gazu w porównaniu z możliwościami produkcyjnymi odwiertów, jak również szybka reakcja odwiertów nie podłączonych — pozwalają na przypuszczenie, że pomiędzy poszczególnymi odwiertami istnieje stosunkowo swobodna komunikacja. Przy wyliczonej poprzednio niewielkiej pojemności piaskowca, a więc przy małej jego porowatości i co za tym idzie przepuszczalności, komunikację tę mogą tworzyć jedynie szczeliny, którymi gaz swobodnie przepływa.

Założenie takie potwierdza obecność w pobliżu poważnych tektonicznych zaburzeń, jak nasunięcie michałowickie fałd Mszana-Jastrzębie. Również zgrupowanie odwiertów o dużej wydajności w jednej okolicy pozwala na przypuszczenie, że odwiercie te mieszczą się w partii najczęściej strzaskanej, porzecinanej szczelinami.

Okres stabilizacji ciśnien pokazuje, że w pierwszych dniach przyrosty ciśnien są większe, a następnie utrzymują się na jednokowych poziomach. Można to przypisać początkowemu wyrównywaniu się ciśnien w szczelinach i piaskowcu. Dopływ gazu z pokładów węgla pozostaje w tym zakresie ciśnien praktycznie bez zmian. Przyrost ciśnien na dobę jest w zakresie ciśnien $107 - 240 \text{ mm Hg}$ stały i wynosi średnio około $4,5 \text{ mm Hg}$.

W świetle powyższych wywodów narzuca się w pierwszym rzędzie pytanie, jakie jest właściwe źródło eksploatowanego gazu? W ostatnich latach przeprowadzono szereg badań i obserwacji zarówno przez badaczy radzieckich, jak i krajów zachodnich, nad problemem współwystępowania metanu i węgla.

Badania te wykazały, że węgiel kamienny pomimo swojej zwartej struktury może być poważnym magazynem metanu, przy czym metan zamagazynowany jest tutaj w innej formie niż w złożach czysto gazowych. Doświadczenia te wykazały, że metan znajduje się w węglu w postaci zaadsorbowanej oraz w postaci rozpuszczonej (sorpcja) przy czym ilość gazu zaadsorbowana jest znikomą w porównaniu z ilością rozpuszczoną. Ilości te zależne są od rodzaju węgla, jego porowatości, temp. ciśnienia, wilgotności itp. W pokładzie węgla nie naruszonym eksploatacją ustala się stan równowagi między ilością gazu zaadsorbowanego, rozpuszczonego oraz ciśnieniem tego gazu. Jak długo koncentracja gazu rozpuszczonego w masie węgla jest we wszystkich punktach stała i odpowiada ciśnieniu, układ pozostaje w równowadze. Gdy te wielkości przestają sobie odpowiadać lub koncentracja doznaje lokalnej zmiany, następuje przepływ gazu z obszarów koncentracji większej do mniejszej. Przepływ ten polega na zjawisku dyfuzji. Wydzielanie się gazu z węgla zależy zatem od wartości koncentracji, gdy układ był w równowadze oraz od prędkości dyfuzji, która zależy od rodzaju węgla i gazu.

Wpływ gazu z pokładu węgla poprzeczanego szczelinami, w których obniżono ciśnienie, tj. przy naruszeniu równowagi, odbywać się będzie w sposób ciągły przez wszystkie powierzchnie, które stanowią rozerwanie ciągłości calizny węglowej. W pokładzie nie naruszonym odbudową górniczą rozerwanie ciągłości stanowią szczeliny, które wytworzyły w caliznie węglowej procesy tektoniczne.

Przepływ trwać będzie tak długo, aż w przestrzeni wolnej wytworzy się ciśnienie o tej wartości, przy której ustala się nowy stan równowagi.

Podana powyżej w skrócie teoria występowania gazu w pokładach węgla dostatecznie jasno tłumaczy dotychczasowy przebieg eksploatacji złoża marklowickiego.

Gaz ziemny znajduje się tutaj w pokładzie węgla zaadsorbowany. Gaz znajduje się również i w skałach otaczających, piaskowcach, których pojemność jednak jest duża. Skała płonna otaczająca spełnia tutaj rolę zbiornika wyrównującego chwilowe zmiany w odbiorze gazu. Pokłady skały płonnej i pokładów węgla przecięte są szczelinami i uskokami, które spełniają rolę otworów drenażowych.

Przez obniżkę ciśnienia w początku eksploatacji nastąpiło zachwianie równowagi w pokładach węgla, wskutek czego gaz wydzieliał się początkowo bardzo intensywnie z pokładów węglowych, gdyż odgazowanie objęło tylko partie najbliższe szczelin. Wyjaśnia to duży spadek ciśnienia w pierwszym etapie eksploatacji przy małej stosunkowo ilości wyeksploatowanego gazu. W okresie tym eksploatowano jedynie horyzont pierwszy pobierając gaz średnio w ilości 27 Nm³/min. Przy podanej znikomej pojemności skał świadczy to o intensywnym dopływie z węgla, a więc o wysokiej jego koncentracji i o dużej powierzchni przepływu z węgla do szczelin.

Dużą wydajność w tym czasie uzasadnia to, że dopływ gazu objął partie węgla najbliższe szczelin, a więc partie o naruszonej strukturze zewnętrznej (popękane). Gaz wydzieliał się bardzo intensywnie, grubość węgla przez którą przenikał gaz była nieznaczna. Z czasem intensywność wpływu maleje, gdyż strefa odgazowania zwiększa się i długość drogi przepływu wzrasta. Podłączenie nowych odwiertów tego horyzontu nie poprawia sytuacji, gdyż ciśnienie spada dalej. Niestety, w tym okresie nie wykonywano częstszych pomiarów ciśnień głowicowych, by stwierdzić, czy podłączenie tych odwiertów zwiększyło chwilowy dopływ gazu. Oznaczałoby to, że z nowymi odwiertami weszły do eksploatacji nowe szczeliny, poprzednio nie eksploatowane. Spadek jednak ciśnień odwiertów eksploatowanych i nie eksploatowanych wskazuje raczej na to, że szczeliny obejmują cały horyzont, mają ze sobą dobrą komunikację, że kilkoma odwiertami można objąć eksploatacją znaczny obszar.

Włączenie w drugim etapie większej ilości odwiertów, a w tym horyzontu drugiego i pola Świerklan poprawia sytuację na okres kilku miesięcy. Zostały podłączone nowe pokłady nie naruszone eksploatacją o większym ciśnieniu, a co za tym idzie większej koncentracji. Z wykresu na rys. 2 widać, że poprawa sytuacji przez podłączenie nowych odwiertów nie trwa długo, gdyż następuje chwilowy wzrost wydajności, a następnie szybki spadek. W etapie tym na 100 mm spadku ciśnienia przypada pobór 12 mio Nm³ gazu. Jest to duża ilość

w porównaniu z etapem pierwszym, gdzie na ten sam spadek przypada 1,5 mio Nm³ gazu.

Etap trzeci — to etap małego odbioru gazu ze złoża. Etap ten trwał 1 rok. W tym czasie pobrano 11,2 mio Nm³ bez widocznego spadku ciśnienia. Ponieważ etap ten trwał dosyć długo, można by osądzić, że nastąpił stan równowagi — dopływ gazu z węgla był równy odbiorowi. Ciśnienia nie tylko nie spadają, ale nawet chwilowo wzrastają. Pamiętać jednak należy, że w etapie tym ciśnienie złożowe było już za małe, by spowodować przepływ gazu przez gazociągi w takich ilościach, jakich wymagali odbiorcy, że wówczas zasilano kolektor gazem z gazociągów wysokoprężnych.

Ciśnienie na kolektorze było regulowane i chwilowa jego wielkość dyktowana była potrzebami odbiorców, w chwilach szczytowych zapotrzebowania było ono większe niż ciśnienia głowicowe. Złoża wówczas nie tylko nie eksploatowano, ale mogły zająć zjawiska przeciekania gazu do złoża z kolektora przez nieszczelności zaworów zwrotnych. W chwilach mniejszego zapotrzebowania gazu (zmiany nocne, niedziele i święta) ciśnienie na kolektorze obniżano i złożo eksploatowało intensywnie. Eksploatacja złoża nie była więc równomierna, lecz okresowa, przy stałej zmianie warunków eksploatacji. Warunki te były na mniejszą skalę podobne do trzeciego okresu, gdzie po etapie pierwszym intensywnej eksploatacji przez tłocznię i etapie regeneracji ciśnień wrócono ciśnieniem niemal do pierwotnej wysokości, a więc pomimo wyeksploatowania 17 mio Nm³ nie uzyskano spadku ciśnienia. Nie oznacza to, że w ten sposób złożo można eksploatować w nieskończoność. Pomimo iż ponownie złożo wróciło pozornie do stanu pierwotnego zaszyły tam istotne zmiany, to znaczy spadek koncentracji gazu w masie węgla. Zmiany te zaznaczają się w następnym etapie eksploatacji przez szybszy spadek ciśnień przy tym samym poborze, co uwidacznia się w etapie trzecim. Zmiana koncentracji bowiem przesunęła się od ociosów szczelin w głąb calizny węgla, wskutek czego w następnym etapie droga dopływu gazu wzrosła, a więc ilość dopływającego gazu spadła.

Okres trzeci to okres intensywnej eksploatacji gazu przez tłocznię. O poborze gazu decyduje ilość godzin pracy kompresorów oraz ciśnienie na kolektorze ssącym. Okres ten potwierdza w całej rozciągłości poprzednie wywody.

W pierwszym rzędzie daje się zauważyć brak stałej zależności wielkości odbioru od ciśnienia, jak również brak widocznej zależności spadku ciśnienia od ilości pobranego gazu. Spadek ciśnień jest funkcją chwilowego odbioru ilości gazu w poprzednim okresie i ciśnienia złożowego.

Z wykresu 4 górnego i dolnego widać, że większe pobory gazu powodują większe spadki ciśnienia, ale tym mniejsze im niższe są ciśnienia głowicowe. Jest to zrozumiałe w świetle poprzednich wywodów. Przy niezmiennym ciśnieniu gazu w caliznie węgla ilość dopływającego gazu na jednostkę czasu jest funkcją ciśnienia w szczelinie. Chwilowy spadek ciśnienia powoduje zwiększony dopływ, lecz równocześnie zwiększa się grubość warstwy węgla, z której dopływa gaz, a więc wydajność z biegiem czasu maleje.

Powoduje to dalszy spadek ciśnienia i jednocześnie zwiększenie zasięgu drenażu. Równocześnie jednak ilość wyprodukowanego gazu na jednostkę spadku ciśnienia jest proporcjonalna do masy węgla objętej wpływem drenażu, a więc zależna od ciśnienia złożowego. Mała ilość obserwacji nie pozwala na przybliżone, chociażby analityczne ujęcie tej zależności. Ilość dopływającego gazu jest bowiem funkcją ciśnienia w caliznie, wielkości powierzchni otwarcia calizny przez szczeliny, oporów przepływu przez szczeliny i piaskowiec itp. Wydaje się jednak, że dokładne i dłuższe obserwacje pozwoliłyby na określenie funkcyjnej zależności spadków ciśnień głowicowych od wydajności złoża.

Etap drugi to stabilizacja ciśnień może najwięcej przyczyniać się do wyjaśnienia charakteru złoża. Był on jednak zbyt krótki, by wyjaśnić, czy krzywe przyrostu ciśnień uwidocznione na rys. 5 asymptotycznie zdążają do pewnych stałych wartości granicznych ciśnień, czy też mają charakter paraboliczny, tzn. od pewnej wartości ciśnień przyrost ciśnienia na jedn. czasu jest praktycznie stały w przedziale czasu kilku czy kilkunastu miesięcy. Krzywa ta teoretycznie winna mieć charakter hiperboli, gdyż zdąża do granicznej wartości ciśnienia, które określa stan równowagi sorpcji gazu w caliznie nie naruszonej i nie objętej wpływem eksploatacji. Wielkości tego ciśnienia nie znamy, jeżeli uwzględnić, że w początku eksploatacji przemysłowej horyzont pierwszy był już eksploatowany przez szyb wentylacyjny.

Bardzo szybki spadek ciśnienia po okresie stabilizacji przy poborze średnim, mniejszym niż na początku etapu pierwszego, potwierdza poprzednią teorię, że pomimo wzrostu ciśnienia złoża nie wróciło do pierwotnego stanu. Koncentracja gazu w węglu wróciła pozornie do stanu niemal pierwotnego odpowiadającej koncentracji przy 307 mm Hg. Jednak masa węgla, w której koncentracja ta ustala się na tym poziomie jest większa niż na początku i stąd przy tej samej powierzchni wypływu — większy obszar drenażu, większe opory wypływu i wydajność mniejsza przy tych samych ciśnieniach końcowych. Opisany powyżej przebieg eksploatacji gazu ziemnego z warstw karbońskich dał dotychczas jeszcze za mało obserwacji, by ściśle określić charakter występowania gazu ziemnego w tych warstwach i określić jakościowo i ilościowo optymalne warunki eksploatacji z tych warstw przez analityczne sformułowanie odpowiednich praw i wskaźników.

Przedstawiona hipoteza występowania gazu poparta została od strony teoretycznej wynikami badań występowania metanu w węglu, przeprowadzonymi przez badaczy tego zagadnienia, zarówno radzieckich jak i krajów zachodnich. Hipoteza ta stosunkowo dokładnie wyjaśnia dotychczasowe wyniki eksploatacji gazu ziemnego z tych warstw — różne od wyników zaobserwowanych na złożach podkarpackich. Niemniej jednak dotychczasowe obserwacje nad występowaniem złożu gazu ziemnego wykazują taką różnorodność, że pozwala to na postawienie hipotezy innej, zupełnie różnej od podanej, która również tłumaczyć będzie dotychczasowe obserwacje przebiegu eksploatacji złoża. Dlatego prosiłbym, by w dyskusji nad referatem kwestię powyższą omówić i wskazać, czy przyjęte poprzednio założenia były słuszne. Eksploatacja gazu ziemnego z serii węglonośnej jest u nas problemem nowym. Problemem tym zainteresowany jest zarówno przemysł gazowniczy, naftowy jak i przemysł węglowy. Sądzę, że przedstawiciele powyższych przemysłów uzupełnią treść referatu wynikami swoich dotychczasowych obserwacji. By ułatwić dyskusję, postaram się tematykę jej sformułować w kilku punktach. Dyskusja nad nim powinna wskazać dalszą drogę postępowania. Punkty te są następujące:

1. W referacie postawiono hipotezę, że gaz pochodzi ze złożu węgla, przy czym występowanie gazu polega na sorpcji tego gazu przez węgiel. Przepływ gazu do odwiertów z pokładów węgla następuje przez spękanie i szczeliny oraz uskoki powstałe wskutek ciśnienia górotworu. Dyskusja winna wyjaśnić, czy podane założenia są słuszne, czy też nieprawdopodobne.
2. Eksploatacja złoża marklowickiego posiada w sobie dwa równorzędne aspekty. Pierwszym z nich jest odgazowanie pokładów węgla w celu umożliwienia ich późniejszej bezpiecznej odbudowy górniczej. Drugim aspektem jest wydobycie dużych ilości gazu ziemnego przy możliwie małych kosztach eksploatacyjnych i skierowanie go do potrzeb przemysłu.

Dyskusja winna wyjaśnić, czy odgazowanie pokładów węgla w znaczeniu przemysłowym, drogą dotychczas kontynuowaną, jest możliwe. Wydaje się, w świetle dotychczasowych wywodów, że uwzględniając sumaryczną grubość pokładów węgla obszar odgazowania jest mały, pomimo widocznej rozgałęzionej sieci szczelin. Odgazowanie pokładów obejmuje obszary najbliższe szczelin, a więc obszary o naruszonej strukturze zewnętrznej (spękania). Są to obszary o największej przepuszczalności gazu. Dotychczasowe obserwacje pozwalają przypuszczać, że dla Zagłębia Górnosląskiego najgroźniejszym zjawiskiem jest nagłe wydzielanie się metanu z pokładu, tzw. fukacze. Zjawisko to prawdopodobnie pochodzi z odkrycia przez odbudowę górniczą szczelin, którymi następuje nagłe intensywne wydzielanie się gazu. Wydaje się, że odgazowanie pokładów w sposób kontynuowany w Markłowicach usunie to najgroźniejsze niebezpieczeństwo, tzn. odgazywanie partie pokładów o największej wydajności metanu. Pozostałe partie nie odgazowane, pomimo, że zawierają będą metan w dużej koncentracji, są tak mało przepuszczalne, że gazowość ich nie będzie stanowić rzeczywistego niebezpieczeństwa w ich eksploatacji.

Odgazowanie pokładów nie naruszonych odbudową jest znane. Prowadzi się je np. z dodatnim wynikiem w Anglii, w kopalni Point of Ayr i ma tę wyższość nad odgazowaniem pokładów przeprowadzonych w czasie odbudowy, że w ten sposób można uzyskać prawie czysty metan bez zanieczyszczeń powietrzem.

3. W początkowym okresie eksploatacji pola Markłowice przemysł węglowy był zainteresowany w jak najszybszym odgazowaniu pokładów węgla. Wobec znalezienia jednak lepszych pokładów na innych polach zainteresowanie polem marklowickim spadło, gdyż okres jego ewentualnej eksploatacji przesunięty został na kilkanaście lat. Wobec powyższego na pierwszy plan obecnie wysuwa się zagadnienie ekonomicznej eksploatacji złoża.

W świetle powyższych wywodów wydaje się, że należy się liczyć z szybkim i trwałym spadkiem wydajności, a zwiększenie ssania do wielkości kilkudziesięciu mm Hg na głowicach odwiertów zwiększy tę wydajność tylko chwilowo, na okres kilkunastu lub kilkudziesięciu dni. Wobec jednak wzrostu kosztów eksploatacji tłoczni przy zwiększeniu ssania należy zastanowić się, czy ten sposób eksploatacji złoża jest właściwy. Moim zdaniem najkorzystniejsze byłoby prowadzenie eksploatacji w obecnych warunkach przy ciśnieniach głowicowych zbliżonych do barometrycznego. W dalszej perspektywie, przy dalszym spadku wydajności złoża należałoby eksploatację prowadzić w sposób okresowy, tzn. eksploatować w chwilach szczytowego odbioru gazu (pierwsza i druga zmiana), a okresy mniejszego zapotrzebowania wykorzystywać na regenerację ciśnień. Wykorzystywać się będzie w ten sposób piaskowiec jako zbiornik wyrównawczy. Okresy letnie należy również wykorzystywać w dalszym ciągu do regeneracji ciśnień na większą skalę i zwiększać tym sposobem możliwości produkcyjne złoża na okres zimy.

4. Horyzont trzeci na polu Markłowice posiada wyższe ciśnienie rzędu 8 at. Wykorzystując to ciśnienie, eksploatację jego winno prowadzić się oddzielną siecią wysokoprężną. Dotychczasowe obserwacje wskazują, że i tu należy się liczyć z szybkim spadkiem ciśnień w czasie eksploatacji przy równoczesnej szybkiej regeneracji w przerwach eksploatacyjnych. I tutaj wydaje się, że korzystniejsza będzie eksploatacja okresowa, tzn. eksploatacja aż do spadku ciśnień roboczych do wielkości dyktowanych względami ruchowymi (3-4 at), a następnie ich regeneracja. O ile względy ruchowe będą tego wymagać, można eksploatację tego horyzontu prowadzić w okresach stojki tłoczni. W ten sposób odbiór gazu z całego pola będzie bardziej równomierny.
5. Eksploatację odwiertu Jankowice 12 prowadzi się obecnie przy ssaniu maks. —10 mm SW ze względu na roboty górnicze prowadzone w pobliżu. Ponieważ produkcja odwiertu na przestrzeni ostatnich kilku miesięcy utrzymuje się praktycznie bez zmian, a krótkotrwałe próby obniżki ssania do —30 mm SW zwiększyły wydajność jego o 20%, należałoby zrewidować, czy zwiększenie ssania do kilkudziesięciu czy też kilkuset mm SW stanowi istotne niebezpieczeństwo dla kopalni.

Oczekiwanie zwiększenia wydajności odwiertu drogą zmniejszenia ciśnienia głowicowego wygląda, w świetle podanej poprzednio teorii, nielogicznie. Ponieważ jednak odwiert ten odprowadza gaz z pobliskiego dużego uskoku, należy oczekiwać, że obniżka ciśnienia na głowicy zwiększy zasięg wpływu eksploatacji wzdłuż płaszczyzny uskokowej, a więc zwiększy powierzchnię dopływu gazu z pokładów.

6. Złoże marklowickie składa się z kilku odrębnych jednostek. Jedną z nich jest pole Świerklany eksploatowane tylko trzema odwiertami. Uwzględniając bliskie sąsiedztwo nasunięcia orłowskiego należy oczekiwać, że dalsze rozwiercenie pola w kierunku tego nasunięcia może na pokonać na bardziej strzaskane partie złoża, podobne jak na terenie Markłowic, co dałoby dodatkową produkcję gazu.

Występowanie gazu ziemnego w warstwach karbonu produktywnego jest zagadnieniem istotnym dla przemysłu węglowego. Możliwości eksploatacji tego gazu na skalę przemysłową interesują przemysł gazowniczy. Zainteresowanie to jest tym większe, że statystyki za ostatnie lata wykazują dla niektórych krajów wzrost wydobycia metanu z warstw węglonośnych. Produkcja jego z tych źródeł stanowi dla tych krajów poważną pozycję w ich ogólnym bilansie gazu. Dlatego też oczekuję, że przedstawiciele zainteresowanych przedsiębiorstw w dyskusji uzupełnią przedstawione w referacie wyniki dotychczasowej eksploatacji własnymi spostrzeżeniami. Winno to wskazać drogę, którą należy postępować, by uzyskać najlepsze rezultaty z dalszej eksploatacji pola Markłowice, jak również, jakich efektów w perspektywie winien oczekiwać przemysł gazowniczy z odmetanowania pokładów węgla w Zagłębiu Górnosląskim.

Mgr inż. ADAM OGRODNIK

Koreferat do referatu mgr inż. Z. Grębskiego pt: „Pobór gazu ziemnego z serii węglonośnej odwiertami z powierzchni”

(Streszczenie)

Omawiając referat inż. Grębskiego koreferent stwierdza, że analiza dotychczasowych wyników eksploatacji złoża marklowickiego przeprowadzona w referacie doprowadziła do błędnych wniosków.

Koreferent przeprowadza własną analizę eksploatacji — rozpatrując przebieg jej oddzielnie dla każdego horyzontu. W rezultacie wyprowadza równanie zależności wydatku gazu „q” na spadek ciśnienia głowicowego. Równanie to ma postać następującą: $q = k \cdot p^n$

	$n = -1.732$		
gdzie	$k = 20.72 \cdot 10^{10}$	dla horyzontu I.	
	$n = 4.358$		
i	$k = 10275 \cdot 10^{15}$	dla horyzontu II.	

Przez całkowanie powyższego wzoru ze względu na „P” otrzymuje się wzór teoretyczny na ilość gazu, jaką można uzyskać przy spadku ciśnienia z P_1 na P_2 . Wzór ten ma postać:

$$Q = k \cdot \frac{1}{n+1} \left(P_2^{n+1} - P_1^{n+1} \right)$$

W związku z tym koreferent nie zgadza się z wnioskiem referenta, że brak jest stałej zależności wielkości odbioru gazu, jak również spadku ciśnienia od ilości pobranego gazu. Podany wzór ujmuje tę zależność.

Ilość odebranego gazu obliczona na podstawie podanej formuły przy danym spadku ciśnienia różni się zaledwie o 6% od ilości uzyskanych faktycznie w czasie eksploatacji.

Koreferent popiera teorię podaną w referacie, że gaz ziemny wydzielą się z pokładów węgla, w których jest rozpuszczony i zaadsorbowany. Wyciąga z tego wniosek, że w miarę obniżania się ciśnienia w piaskowcu różnica koncentracji metanu w węglu i piaskowcu wzrasta, co powoduje intensywniejsze wydzielanie się metanu z węgla. Stąd też w miarę spadku ciśnienia obserwować się będzie stały wzrost wydobytego gazu na 100 mm Hg spadku ciśnienia głowicowego.

Popiera również teorię podaną przez referenta, że dominującą rolę w wydajności odwiertów gra nie przepuszczalność piaskowca, a szczeliny i spękania, którymi gaz do odwiertów dopływa. W końcu koreferent ocenia, że ponieważ pobór gazu ograniczony jest przez szybki spadek ciśnienia — należy liczyć się z długotrwałą eksploatacją tego złoża. Ocenia, że odmetanowanie pokładów węgla tą drogą w najbliższym czasie nie da się osiągnąć. W konkluzji stawia następujące wnioski:

1. W letnim okresie przeprowadzić ponowną przerwę w eksploatacji aż do ustalenia się ciśnień,
2. Należy przeprowadzić torpedowanie kilku odwiertów, proponowane przez inż. Obuchowicza, zarówno w czasie eksploatacji, jak i przerwy w eksploatacji.

Dyskusja

Mgr inż. J. Girzejowski zaznacza, że w ostatnim 10-leciu dokonał się poważny postęp w dziedzinie gospodarki złożami gazowymi. Przyjęcie, jako podstawy dla ustalania dopuszczalnego poboru gazu, logarytmicznego wykresu potencjalnej produkcji danego odwiertu gazowego, należy uznać za słuszne. Należy jednak zastanowić się nad tym, czy na odcinku gospodarki złożami gazowymi mamy możliwości dalszego postępu.

Omawiając wysokość dopuszczalnych spadków ciśnień, a w związku z tym dopuszczalnych poborów gazu z odwiertów gazowych na poszczególnych polach, dochodzi inż. Girzejowski do wniosku o konieczności wysunięcia postulatu zwiększenia dopuszczalnego poboru gazu na eksploatowanych polach gazowych.

Należy kierować się nie tylko zasadą racjonalnej eksploatacji, lecz i ekonomicznej eksploatacji, a to celem pokrycia rosnącego zapotrzebowania na gaz ziemny.

W tej chwili nasze złoża gazowe są w stanie nadażyć temu zapotrzebowaniu, jednak w następnych latach powstanie duża rozpiętość między zapotrzebowaniem na gaz, a jego ilością pozostającą do dyspozycji. Uzasadniając względami technicznymi zwiększenia dopuszczalnego poboru gazu, inż. Girzejowski uważa, że należy natychmiast zająć się tym zagadnieniem.

Poważny wkład do badań w tym kierunku dadzą cenne referaty prof. Wilka i inż. Reguły, ponadto dzisiejsza dyskusja. W powyższych pracach dużą bez wątpienia rolę spełni Instytut Naftowy. Personel inżynieryjno-techniczny i załoga robotnicza kopalnictwa naftowego posiada już sporo materiału doświadczeniowego. Z tych doświadczeń należy skorzystać w badaniach nad możliwościami zwiększenia wydobywania gazu ziemnego. Badania te są konieczne, niezależnie od postulatu intensywnych wierceń za gazem.

Mgr inż. W. Kulczycki omawia obszerniej dopuszczalny pobór gazu. Chcąc wydać swój sąd o zagadnieniach, w które miał nas wprowadzić prof. Wilk — zająłbym zbyt wiele czasu, a to z tego powodu, że prof. Wilk poruszył ogromną ilość

tematów. Wobec tego zajmę się przede wszystkim tym zagadnieniem, które winno stanowić centrum („gwóźdź”) dzisiejszej konferencji, tj. zagadnieniem dopuszczalnego poboru gazu i kryteriów jego określenia. Na wstępie wspomnę, że zarówno Łapuk jak i Nikołajewskij podkreślają w swych pracach konieczność określenia technicznie racjonalnego poboru gazu, które, nie stanowiąc celu samo w sobie, jest nieodzownym elementem składowym pracy ekonomistów. Jednakże ani Łapuk ani Nikołajewskij nie zajmują się bliżej określeniem technicznie racjonalnego sposobu poboru gazu, a jedynie we wzorze Łapuka figuruje znak „C”, który oznacza współczynnik dopuszczalnej filtracji gazu w m^3 na 1 atmosferę, a który jest właśnie wyrażeniem kryterium dopuszczalnego poboru.

Sprawa zasady racjonalnej eksploatacji złóż gazowych była omawiana przed rokiem na konferencji naukowo-technicznej. Konferencja ta potwierdziła słuszność zrealizowanej przed 7 laty przez przemysł naftowy zasady odbioru gazu przy wysokim i ograniczonym przeciwcisnieniu oraz przeciwcisnieniu stosowanym równomiernie na całym złożu. Stało się to po odczycie i publikacji ogłoszonej przez inż. Regułę w roku 1949. Przemysł naftowy umiał już wówczas docenić wartość pracy Rawlinsa i Schellhardta i musiał z tej pracy wyciągnąć pożyteczne wnioski odnośnie utrzymywania odpowiedniego przeciwcisnienia w czasie eksploatacji złoża.

Toteż nie można się zgodzić na żadną cyfrę wyrażającą dopuszczalny pobór w procentach objętościowych, tzw. absolutnego wolnego wypływu, w procentach równych dla każdego odwiertu na jednym złożu, a to dlatego, że każdy odwiert ma inną charakterystykę, inny wykładnik potęgowy „n” i ustalenie jednakowego co do wielkości procentu odbioru dla wszystkich odwiertów pociągnęłoby za sobą niejednakowe przeciwcisnienia, co byłoby sprzeczne z przyjętą a słuszną zasadą. Ciśnienie bowiem i objętość choć związane ze sobą — nie są „równoległe” — gdyż wiąże je zależność nieprostoliniowa.

Sprawy wykładnika potęgowego „n” nie będę dalej omawiał, gdyż jest ona dostatecznie znana i nie znajduje, aby

na czasie było takie powiedzenie, jakie dziś słyszeliśmy w referacie, że „o ile krzywa jest w siatce logarytmicznej linią prostą, to dostalibyśmy cenny instrument w pracy“. Wiadomo od dość dawna, że są to właśnie linie proste, a współczynnik „n“ wynosi u nas od 0,7 do 1,2 dla większości odwiertów średnia „n“ = 0,85. Mówiąc o dopuszczalnym poborze musimy przede wszystkim wiedzieć, czym dysponujemy. Wyłania się pytanie, czy istotnie wiemy to ściśle, czy wiemy jakie są absolutne wolne wpływy z poszczególnych odwiertów? Wprawdzie pomiary gazu wykonuje się odpowiednią metodą, jednak określanie absolutnego wolnego poboru przez pomiar trzypunktowy jest mylne a w każdym razie bardzo często zawodne. Ostatnio zaś 33% pomiarów tak właśnie wykonano. Są trzy zagadnienia, których powinniśmy się obawiać przy eksploatacji złóż gazowych:

- 1) zagadnienie erozyjnego działania cząstek gazu przy przepływie.
- 2) „ przedwczesnego dzikiego zawodnienia,
- 3) „ szkodliwego zwilżania ziarni piaszczowca przez węglowodory, które się wykraplają w złożu.

Erozyjne działanie cząstek gazu związane jest z prędkością przepływu cząstek. Zakładając wykładnik potęgowy $n = 1$, łatwo wykazać, że przy zachowaniu tej samej procentowej różnicy ciśnienia złożowego i dynamicznego przez cały czas „życia“ odwiertu prędkości przepływu cząstek przez skałę maleją. Stąd wniosek, że moglibyśmy bezpiecznie, w miarę „starzenia się“ odwiertu, dopuścić coraz to większy procent obniżki ciśnienia ze statycznego na dynamiczne.

Przy wykładniku $n = 0,5$ prędkość filtracji utrzymuje się stała, gdy przez cały czas życia odwiertu dopuścimy ten sam procentowy spadek ciśnienia ze statycznego na dynamiczny. Ponieważ nasze odwierty wykazują „n“ zawsze większe niż 0,5 stąd wniosek, że z uwagi na erozyjne działanie przepływu cząstek gazu moglibyśmy dopuścić u nas zwiększenie procentu obniżki ciśnienia w miarę postępu eksploatacji złóż. Odnośnie zagadnienia dzikiego zawodnienia — to trzymać się należy zasady równomiernego obniżania ciśnienia złożowego, z uwagi na możliwości powstawania języków wodnych.

Odnośnie szkodliwego działania na współczynnik przepuszczalności, zwilżania ziarn piaszczowców, to wiemy wprawdzie, że nawet nieznaczne zwilżenie pogarsza przepuszczalność efektywną do gazu w bardzo znacznym stopniu, jednak ani doświadczeń własnych, ani dostatecznego naświetlenia w literaturze obcej nie znajdujemy. Ten względ będzie hamulcem, gdy chodzi o dążenie do zastosowania większego niż dzisiaj obniżenia ciśnień roboczych, a więc zwiększonego poboru.

Czy jednak stosowana dziś obniżka ciśnienia jest słuszna? Wiemy na pewno, że jest bezpieczna — ale nie wiemy, czy nie można by bezpiecznie jej powiększyć, a tym samym zwiększyć odbiór.

W tym stanie rzeczy wnioskuje:

- a) obniżyć doświadczalnie o dalsze 0,5%, przyjęte obecnie jako granica, ciśnienie różnicowe i obserwować złoża. W wypadku zaobserwowania sygnałów niepokojących — powrót do dawnej granicy. W wypadku braku takich sygnałów zrobienie dalszego kroku o dalsze 0,5% w uzgodnionych terminach.
- b) Przeprowadzić badania laboratoryjne nad zagadnieniem zwilżania ziarn i jego wpływu ilościowego na współczynnik przepuszczalności.

Mgr inż. Barański omawia zagadnienie produkcji etylenu i propylenu w oparciu o gaz ziemny.

Inż. W. Schiller porównuje wyniki pomiarów produkcji potencjalnej obliczone stosowaną u nas formułą jednoczłonową z wynikami uzyskanymi formułą dwuczłonową, stosowaną w Związku Radzieckim i stwierdza, że ostatnia daje niższe wartości produkcji potencjalnej. W trzech konkretnych przypadkach wyniki różniły się o 12,22 i 25%. *Inż. Schiller* uważa formułę dwuczłonową za słuszniejszą z punktu widzenia fizyki i proponuje poddać rewizji stosowanie u nas formuły jednoczłonowej.

Mgr inż. J. Ostaszewski omawia bardzo ważne zagadnienie rozmieszczenia odwiertów na danym złożu i stwierdza, że nie zostało ono dotąd odpowiednio postawione, a stosowane obecnie wytyczne w tym zakresie prowadzą do bardzo różnych odległości między odwiertami. Podkreśla duże znaczenie tej sprawy, gdyż przez zagęszczenie odwiertów można wprawdzie zwiększyć pobór gazu ziemnego ze złoża — jednak to drogo kosztuje i może okazać się niekonieczne.

Ogólnie biorąc, wiemy wprawdzie, że na odległość między odwiertami mają wpływ: przepuszczalność piaszczowca, jego miąższość i w pewnym stopniu ciśnienie złożowe, jednak do

ustalenia racjonalnej siatki odwiertów nie przywiązujemy odpowiedniej wagi. Zagadnieniem tym trzeba się bliżej zająć.

Następnie omawia zawodnienie złoża gazowego. Opierając się na znanych przypadkach zasysania powietrza przez odwierty do których przerwano włączanie tego powietrza — jest zdania, że adsorpcja gazu na ziarnkach piasku na miejsce i przez zawodnienie może nastąpić zamknięcie gazu zaadsorbowanego.

Mgr inż. St. Kiesler zwraca uwagę, że powiększenie dopuszczalnego poboru gazu trzeba traktować jako półśrodek, który może wprawdzie opóźnić wystąpienie deficytu gazu ziemnego o kilka lat, ale w przypadku niedowiercenia nowych zasobów tego gazu — pogorszy sytuację w dalszych latach. Dlatego trzeba położyć szczególnie silny nacisk na poszukiwanie za gazem ziemnym i na odwiercenie nowych zasobów tego gazu.

Mgr inż. W. Kołodziej przedstawia na wykresie wzrost zużycia gazu ziemnego w ostatnich latach, zgłoszone zapotrzebowania na ten gaz w planie 5-letnim 1956—1960 i przewidywane zapotrzebowanie w planie perspektywicznym 1961—1970. Z drugiej strony przedstawia na wykresie możliwości produkcyjne znanych obecnie złóż gazowych w wymienionym wyżej okresie czasu — przy założeniu, że dopuszczalny pobór gazu będzie wyznaczony w sposób obecnie obowiązujący. Z porównaniem krzywych zapotrzebowania i produkcji wynika deficyt gazu ziemnego, który zaczyna się od roku 1959 i stale rośnie, osiągając w roku 1965 rząd 250, a w roku 1970 rząd 500 mio Nm³, czyli średnio rocznie w planie perspektywicznym deficyt będzie rzędu 250 mio Nm³.

Najprostszym i najtańszym sposobem uniknięcia skutków deficytu gazu ziemnego, byłoby przeznaczenie odpowiednich środków na poszukiwania i wiercenia za tym gazem, skoro, jak słyszeliśmy, są w Polsce struktury geologiczne mogące zawierać ten gaz. Można także iść inną drogą, znacznie trudniejszą i droższą, mianowicie, można przedstawiać istniejące zakłady przemysłowe z gazu ziemnego np. na gaz czadnicowy, przez budowę czadnic i urządzeń z nimi związanych, oraz przez przedstawienie instalacji gazowych w zakładach z gazu ziemnego na gaz czadnicowy.

Pewną orientację, co do kosztów przedstawiania zakładów na gaz czadnicowy, mogą dać następujące cyfry. Dla zastąpienia 250 mio Nm³ gazu ziemnego rocznie trzeba wybudować w różnych zakładach około 100 czadnic kosztem około 200 mio zł., a na wytworzenie gazu czadnicowego trzeba zużywać rocznie około 500.000 ton węgla o wartości około 50 mio zł. — Zatem w ciągu 10-lecia trzeba wydać około 500 mio zł. na węgiel i około 200 mio zł. na budowę czadnic — razem 700 mio zł., nie licząc innych kosztów związanych z przedstawieniem zakładów na gaz czadnicowy.

Za 700 mio zł. można odwiercić około 400 odwiertów o średniej głębokości około 1000 m. Zakładając, że średnia roczna produkcja jednego odwiertu w okresie pierwszych 10 lat wyniesie około 10 mio Nm³ — to do produkcji 250 mio Nm³ rocznie trzeba odwiercić ogółem około 25 odwiertów produkcyjnych. Zakładając dalej, że na każdy odwiert produkcyjny przypadnie 8 odwiertów poszukiwawczych, co stanowi cyfrę nieprawdopodobnie wysoką, to pokrycie pełnych zapotrzebowań na gaz ziemny w okresie do roku 1970 przez poszukiwania i wiercenia za gazem kosztowałoby o połowę mniej niż przedstawienie zakładów przemysłowych na gaz czadnicowy.

Podane wyżej cyfry powinny być alarmem ostrzegawczym dla czynników miarodajnych w sprawie poszukiwań i wierceń za gazem i powinny spowodować przełom w tej dziedzinie. Dzięki nowym dowierceniom w rejonie Sanoka — mamy na 3—4 lata zapewnione pełne pokrycie zapotrzebowań na gaz ziemny. Jest więc minimum czasu potrzebnego na zorganizowanie i przeprowadzenie prac poszukiwawczych na wielką skalę i na odwiercenie nowych złóż o zasobach przynajmniej rzędu 10 miliardów Nm³, a więc o wartości około 2 miliardów zł.

Niezależnie jednak od poszukiwań i wierceń za gazem ziemnym, konieczne jest, zdaniem naszym, to jest pracownikom Zakładów Gazownictwa Okręgu Tarnowskiego, zrewidowanie dotychczasowego sposobu określania dopuszczalnego poboru gazu ziemnego, w kierunku zwiększenia tego poboru. Obecny stan rzeczy zilustrować można najlepiej przykładowym odwiertem o zasobach rzędu 250 mio Nm³, o ciśnieniu głowicowym 100 atn i o produkcji potencjalnej 400 Nm³/min.

Dla odwiertu tego dopuszczono taki pobór gazu, który by spowodował spadek ciśnienia głowicowego ze 100 na 97 atn, czyli o 3%. Pobór ten wynosi np. 40 Nm³/min. Jeżeli zechcemy, ażeby ten spadek stanowił zawsze 3% ciśnienia głowicowego, to w miarę eksploatacji pobór dopuszczalny będzie

szybko malał i jak to wynika z przeliczeń, wyniesie przy ciśnieniu głowicowym 50 atn już tylko $10 \text{ Nm}^3/\text{min.}$, przy 25 atn — tylko $2,5 \text{ Nm}^3/\text{min.}$, a przy ciśnieniu 10 atn już tylko $0,4 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ Przy takim poborze gazu wyeksploatuje się z tego odwiertu w pierwszych 10 latach około 44% zasobów, w następnych 10 latach już tylko 16%, a resztę tj. 40% zasobów będzie się eksploatowało przez dalszych 50 — 100 lat.

Nie mamy żadnych zastrzeżeń, co do pierwszego okresu eksploatacji, kiedy zachowanie się odwiertu nie jest jeszcze dobrze znane i kiedy spadek 3% daje stosunkowo duże pobory gazu. Natomiast nie widzimy żadnych powodów, żeby w omawianym odwiercie przy ciśnieniu głowicowym 50 atn nie pobierać gazu przy spadku 3 atn zamiast obowiązującego 1,5 atn — skoro przy spadku 8 atn wypada pobór gazu o połowę niższy niż na początku eksploatacji, tj. $20 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ zamiast 40, kiedy prędkości gazu w złożu nie są większe niż na początku, a gęstość gazu jest o połowę niższa, a więc efekt erozji złoża strumieniem gazu o połowę mniejszy niż na początku eksploatacji.

W miarę dalszego obniżania się ciśnienia głowicowego te różnice między poborem dopuszczalnym, a więc przy spadku 3%, a między poborem przy atn., są jeszcze jaskrawsze i wynoszą przy 25 atn. — $2,5$ i $10 \text{ Nm}^3/\text{min.}$, przy 10 atn. — $0,4$ i $4 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ Twierdzenie, że powiększenie tych bardzo niskich poborów $2,5 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ przy 25 i $0,4 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ przy 10 atn. do podanych wyżej wartości 10 i $4 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ stanowi niebezpieczeństwo dla złoża, skoro ten odwiert oddawał bez szkody $40 \text{ Nm}^3/\text{min.}$ przy 100 atn., wydaje się nam jakimś nieporozumieniem.

Zdajemy sobie sprawę, że zagadnienie powiększenia poboru gazu ziemnego w złożu dotyczy dużej wartości majątku narodowego, jakim są odkryte zasoby gazu ziemnego i jako takie powinno się je traktować z wielką ostrożnością. Doceńmy w pełni wypowiedziane tu zastrzeżenia, co do ujemnych skutków takiej akcji i wierzymy, że są one podyktowane troską o zabezpieczenie maksymalnego wydobycia gazu ze złoź i dlatego proponujemy, żeby przez rewizję dopuszczalnego poboru przeprowadzić próby stopniowego zwiększania tego poboru z dokładną obserwacją skutków.

Próby te powinny przeprowadzić zainteresowane Kopalnictwa Naftowe przy współudziale Instytutu Naftowego i pod nadzorem Okręgowego Urzędu Górniczego. Z naszej strony wyrażamy gotowość włączenia się tych prób i ofiarujemy pomoc w aparaturze pomiarowej. Punktem wyjścia dla tych prób może być zarówno wysunięta przez nas zasada, żeby przez stopniowe podwyższanie poboru sprawdzić czy pobór ten przy spadku ciśnienia równym spadkowi początkowemu można uznać za dopuszczalny w dalszym okresie eksploatacji, względnie można dążyć do sprawdzenia dopuszczalności poboru w granicach określonych w wypowiedzi inż. Kulczyckiego.

Czego od tych prób oczekujemy? Powinny one w pierwszym rzędzie wyjaśnić cały szereg wątpliwości i rozbieżności na temat dopuszczalnego poboru gazu, jakie się ujawniły na tej konferencji. W przypadku uzyskania pozytywnych wyników będzie można na podstawie tych prób powiększyć dopuszczalny pobór gazu i złagodzić skutki przewidywanego deficytu gazu ziemnego — jeżeli odkrycie nowych złoź opóźni się. Panuje bowiem ogólne przekonanie, że gaz w Polsce jest, ale trudno przyjąć, że odkrycie nowych złoź przypadnie akuratnie na początek okresu deficytu. Trzeba się raczej postawić na ewentualne przedłużanie się poszukiwań. Na tę właśnie okoliczność chcieliśmy, jako pracownicy Z.G.O.T., mieć możliwość powiększenia dopuszczalnego poboru gazu i przetrwania kilku lat deficytu, żeby nie dopuszczać do załamania się krzywej rozwoju gazownictwa ziemnego, którą później trudno byłoby dźwignąć.

Odnosnie odwiertów, które są w końcowej fazie eksploatacji, to według naszych przewidywań, próby pozwolą zwiększyć bardzo znacznie pobory dopuszczalne, tym samym skrócą końcowy okres eksploatacji, który w obecnych warunkach wymaga utrzymania kopalń w ruchu przez dziesiątki lat przy minimalnej produkcji. Ze względu na wybitnie niekorzystne położenie głównych złoź gazowych w stosunku do układu gazociągów dalekosiężnych, znaczne powiększenie dopuszczalnego poboru, choćby na krótkie okresy, w takich złoźach jak R. S i D., miałoby duże znaczenie dla utrzymania ciągłości dostaw gazu.

Teza inż. T. Reguły, którą broni on konsekwentnie od kilku lat, że produkcję danego złoża należy zwiększać, nie przez powiększanie dopuszczalnego poboru, lecz przez zagęszczanie siatki odwiertów na danym złożu — jest tylko do pewnych

granic słuszna, jednak w danych warunkach nierealna. Naszym zadaniem środki potrzebne na zagęszczenie siatki odwiertów należy obecnie przeznaczać na wiercenia poszukiwawcze, a produkcję gazu powiększyć w razie potrzeby drogą prób ze zwiększonym poborem gazu z odwiertów istniejących.

Nie możemy się także zgodzić z tezą inż. Kieslera, że skoro mamy małe zasoby gazu ziemnego — nie powinniśmy powiększać poboru, bo szybciej te zasoby zczerpiemy. Jeżeli mielibyśmy iść po tej drodze, to już na najbliższe 5-lecie trzeba byłoby ograniczyć dostawy gazu ziemnego do poziomu roku 1955, a to także jest nierealne, bo resorty zainteresowane na to się nie zgodzą.

Dyr. Sobitko omawia trudności, jakie powstaną dla Kopalnictwa Naftowego Sanok przez przekazanie w użytkowanie temu Kopalnictwu tych odwiertów gazowych kopalni R., które stanowią magazyn gazu, a to z powodu dużej odległości między siedzibą dyrekcji Kopalnictwa a R. Ponadto ma zastrzeżenia, czy gaz magazynowany, będący własnością Kopalnictwa Sanok, nie będzie przenikał do sąsiednich odwiertów w R., które to odwierty eksploatuje Kopalnictwo Potok. Stawia wniosek o ponowne rozpatrzenie sprawy w czyjej gestii ma się znajdować magazyn gazu ziemnego w R.

Mgr inż. Kulczycki zwraca uwagę, że referenci nie podali ważnego wskaźnika magazynowania, mianowicie stosunku ilości gazu włączanego na podniesienie ciśnienia o pewną wartość do ilości gazu pobranego na obniżenie ciśnienia o tę samą wielkość. Wskaźnik ten można by porównać ze wskaźnikami zagranicznymi i stwierdzić, czy jesteśmy w pobliżu tych wskaźników. Następnie analizując wpływ magazynowania gazu na produkcję potencjalną i stwierdza różne zachowanie się poszczególnych odwiertów. Ogólnie biorąc ocenia wyniki próbnego magazynowania jako zachęcające do dalszych prac w tym kierunku.

Mgr inż. T. Reguła stwierdza, że próbnego magazynowania wykazało możliwość magazynowania znacznych ilości gazu w złożu R. Słabą stroną tego magazynu jest to, że leży on stosunkowo blisko głównych źródeł gazu, a daleko od wielkich odbiorców tego gazu. Dlatego należałoby szukać możliwości magazynowania w pobliżu Warszawy lub na Śląsku. Zwraca uwagę, że próbnego magazynowanie nie wyjaśniło ważnej sprawy nasycenia gazu zmagazynowanego gazoliną ze złoża R. Trzeba by to wyjaśnić przy eksploatacji magazynu.

Mgr inż. T. Staszkievicz ocenia pozytywnie wyniki próbnego magazynowania i podkreśla duże znaczenie magazynu w R. dla dystrybucji gazu ziemnego, jednak zwraca uwagę, że jeszcze większe znaczenie może mieć magazynowanie podziemne w gazownictwie koksowniczym, gdzie mamy do czynienia z tak zwanym gazem nadmiarowym w soboty i niedziele w ilości około 1 mio Nm^3 i gdzie letnie nadwyżki oraz szczyty zimowe osiągają znacznie większe wartości niż w gazownictwie ziemnym.

Rozwiązanie tego zagadnienia przez budowę zbiorników nadziemnych w naszych warunkach nie wchodzi w rachubę ze względu na bardzo wysokie koszty zbiorników (zbiornik o pojemności ok. 100.000 m^3 kosztuje ok. 12 mio zł), dlatego inż. Staszkievicz proponuje, żeby nasi geolodzy przystąpili do wyszukania struktur geologicznych nadających się do magazynowania gazu koksowniczego — o ile możliwości w pobliżu wielkich ośrodków zużycia tego gazu. Ponieważ gaz nadmiarowy jest praktycznie biorąc prawie tracony — duża szczelność takiego magazynu nie byłaby warunkiem koniecznym z zastrzeżeniem, że uchodzący gaz nie powodowałby szkód.

Na zakończenie inż. Staszkievicz wskazuje na duży wkład pracy autorów projektu magazynowania gazu w R. w jego realizację, mimo pewnych zastrzeżeń i trudności, na jakie ta koncepcja początkowo napotkała. Nie bez znaczenia jest także i ta okoliczność, że projekt zrealizowano małym kosztem.

Mgr inż. Kołodziej odpowiadając dyrektorowi Sobitko powołuje się na wyniki próbnego magazynowania, które wykazały, że włączanie gazu do odwiertów objętych magazynowaniem nie powoduje wzrostu ciśnienia w odwiertach sąsiednich. Podobnie pobór gazu nie powodował spadku ciśnienia. Wobec tego obawy o przenikanie gazu do odwiertów sąsiednich nie mają uzasadnienia. Co do obsługi magazynu, przy-

szłość wykaże zapewne, że nie będzie tych kłopotów, o których mówił dyr. Sobiło, gdyż główny ciężar obowiązków obsługi magazynu spada na Z.G.O.T., a dla Kopalnictwa pozostaje kontrola przebiegu ciśnień i przepływów gazu.

Następnie inż. Kołodziej porusza sprawę wpływu forsownego poboru gazu z magazynu na przepuszczalność piaskowca. Próby dały w tym zakresie różne wyniki. Mianowicie forsowne pobieranie gazu przez kilkanaście dni spowodowało pewien spadek produkcji potencjalnej, natomiast wolny wpływ gazu przez 4 dni nie spowodował żadnej zmiany w tej produkcji. Także wzrost ciśnienia w czasie włączania okazał się wyższy niż przewidywano. Te i inne wątpliwości nie zostały rzeczywiście w 100% wyjaśnione przy magazynowaniu próbnym. Dołożymy wszelkich starań, ażeby je wyjaśnić w czasie normalnej eksploatacji magazynu, tj. po zmaganowaniu większej ilości gazu, kiedy przyrosty i spadki ciśnień osiągną większe wartości i będzie je można mierzyć z większą dokładnością, niż to miało miejsce przy próbnym magazynowaniu, gdzie operowano ciśnieniami rzędu kilkadziesiąt atn.

Mgr inż. J. Borowski, jako przewodniczący w pierwszym dniu obrad, podsumowuje wyniki konferencji tego dnia, podkreślając następujące momenty.

Referaty prof. Wilka i inż. T. Reguły naświetliły sprawę dopuszczalnego poboru gazu przede wszystkim od strony teoretycznej. Przedstawiono nam wzory, wykresy i inne dane charakteryzujące to zagadnienie w świetle. Sens był taki, że zarówno w świetle, jak i u nas, problem ten nie jest jeszcze tak rozwiązany, ażeby praktyka mogła z tych rozwiązań korzystać w sposób bezpośredni. Z drugiej strony zagadnienie jest niezwykle ważne, bo chodzi o ustalenie najbardziej racjonalnego i podbudowanego ze strony technicznej i ekonomicznej poboru gazu ze złóż.

Jak wynika z wypowiedzi inż. T. Reguły, stosowany dotąd sposób określenia dopuszczalnego poboru ze stałego procentowego spadku ciśnienia nie spowodował żadnych zaburzeń w eksploatacji złóż. Dlaczego mamy go rewidować? Otóż po pierwsze dlatego, że nie wiemy, czy zwiększony pobór spowoduje takie zaburzenia; dotyczy to przede wszystkim późniejszych okresów eksploatacji. Powtóre dlatego, że przy poborze ustalonym w sposób obecnie obowiązujący produkcja naszych znanych złóż nie wystarcza na pokrycie zapotrzebowania po roku 1958.

Z tego nasuwa się pierwszy wniosek, który wszyscy mocno podkreślali, że trzeba gazu szukać w nowych złóżach — ale myśmy się dziś nie po to tu zebrali. Myśmy się zebrali po to, ażeby w przewidywaniu deficytu gazu ziemnego znaleźć również inne sposoby jego złagodzenia, wzgl. przesunięcia na lata późniejsze. W związku z tym nasuwają się wątpliwości, czy postępujemy słusznie ograniczając wydobycie gazu, jak to się dziś robi, czy nie można by jednak, zachowując wszystkie zasady teoretyczne podbudowane, zwiększyć pobór gazu. Bo nie musimy oszczędzać na 100 lat, gdyż ani Rząd ani Partia od nas tego nie wymagają. Złoża starają się teraz wszędzie wykorzystywać na okres zamknięty, wszędzie się mówi o okresach eksploatacji, więc i my nie musimy oszczędzać na to, aby nasi potomkowie korzystali z gazu ze St. Musimy dać teraz państwu gaz, bo teraz w okresie największego rozwoju kraj go potrzebuje. Dlatego słuszne jest postawienie sprawy ewentualnego zwiększenia poboru gazu.

Widzieliśmy, że zarysowały się dwa prądy: jeden pogląd reprezentowali ci koledzy, którzy podkreślali, że trzeba pobór podwyższyć, a inni wysuwali cały szereg zastrzeżeń. Inż. Kulczycki bardzo ciekawie sprawę przedstawił, ale też nie powiedział wszystkiego, bo nie mógł. Dlatego mnie się wydaje, że trzeba jeszcze nad tym problemem popracować, ale sprawy nie można rozciągać na dziesiątki lat, lecz musimy pracę tę wykonać w okresie 1 do 2 lat, kiedy mamy jeszcze oddech dzięki nowym dowierceniom w St. Uważam, że da się to w tym terminie rozwiązać. Inż. Kołodziej przedstawił nam trzy alternatywy sposobu określania dopuszczalnej produkcji gazu, przy czym wydaje się, że druga alternatywa ma szanse przejścia.

Jeżeli chodzi o magazynowanie, to jest to również temat ciekawy. Wiąże się z pierwszym o tyle, że dopomaga do równomierniej eksploatacji gazu i do jego rozprowadzenia dla zaspokojenia potrzeb odbiorców, co jest głównym celem zarówno przemysłu naftowego, który wydobywa gaz jak i przemysłu gazowego, który zaspokaja potrzeby odbiorców.

Zatem magazyn potrzebny jest obu tym przemysłom. Inż. T. Reguła ma rację mówiąc, że magazyn powinien być w pobliżu wielkiego odbiorcy, ale wielkich odbiorców jest kilku-nastu.

Jak wiadomo, magazyn w R. przeszedł już z fazy prób do normalnej eksploatacji. Eksploatacja ta da niewątpliwie odpowiedź na wysuwane tu zastrzeżenia i wykaże, czy koncepcja magazynowania w R. była słuszna lub niesłuszna zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i ekonomicznego. Jeżeli chodzi o punkt ekonomiczny, to wszystko wykazuje na to, że stosunkowo małym nakładem kosztów uzyska się duże efekty gospodarcze, przez stworzenie możliwości pokrywania szczytowych zapotrzebowań gazu.

Kończąc inż. Borowski złożył podziękowanie wszystkim, którzy zabierali głos w dyskusji.

Mgr inż. T. Reguła podkreśla, że cyfry, na których opierał się referat w swojej analizie, są nieścisłe. Następnie podkreśla, że obliczanie wolnego wypływu z odwiertów złoża markłowickiego w sposób praktykowany w złożach podkarpackich może prowadzić do błędnych wyników, gdyż złożo eksploatauje w innych warunkach niż na terenie Podkarpacia. Gaz związany jest tutaj z nasunięciem, do którego przedostaje się z dalszych warstw karbonu. Stwierdza, że sprawa Markłowic wymaga dalszych szczegółowych badań, bo dotychczasowe wyniki nie dają podstawy do głębszej analizy.

Mgr inż. Zb. Grębski podaje, że w swoim opracowaniu opierał się o cyfry możliwie dokładne, tj. o wyniki pomiarów przepływów z całego złoża, rejestrowane w Radlinie i w Świerklanach. Natomiast pomiarów produkcji indywidualnych z każdego odwiertu nie brał pod uwagę, ponieważ są to pomiary dorywcze, a więc mało dokładne.

Oдноśnie wzoru, opracowanego przez inż. Ogrodnika, wielkości produkcji w zależności od spadku ciśnienia, uważa, że wzór ma tylko wartość teoretyczną. Praktycznie z wykresu widać, że wielkość poboru była różna w pewnych okresach przy podobnych spadkach ciśnień, a więc nie można mówić o jakiejś zależności ciągłej odbioru od ciśnień. Obrazowo mówiąc, złożo markłowickie jest podobne do gazowni produkującej gaz, ale w której stale wzrastają opory przepływu. Praktycznie więc, gdy opory będą tego rzędu, że na głowicy uzyska się ssanie 0,5 ata, będziemy musieli przerwać eksploatację i dłuższy czas czekać na ponowne nasyce-nie się piaskowca gazem. Popiera wywody inż. T. Reguły, że na terenie Markłowic nie można wykonywać pomiarów wolnego przepływu w sposób praktykowany na innych złóżach, gdyż prowadzi to do błędów wyników, ze względu na wzajemne powiązanie poszczególnych odwiertów szczelinami.

Dyr. inż. O. Feldman, którzy przewodniczył w drugim dniu obrad podsumował wyniki dyskusji, podkreślając, że wnioski dziś uchwalone zawierają konkluzję obrad. Czy konferencja osiągnęła swój cel? Na to pytanie można odpowiedzieć w ten sposób, że jeżeli wnioski, które dziś uchwaliliśmy zostaną praktycznie zastosowane — cel naszej konferencji będzie osiągnięty.

Wygłoszono tutaj referaty i przeprowadzono dyskusję, którą w zasadzie można podzielić na dwie grupy zagadnień. Pierwsze zagadnienie o charakterze raczej ekonomicznym, drugie zagadnienie dotyczyło poszukiwań metod poprawienia sytuacji w dziedzinie gospodarki gazem ziemnym. Trzeba podkreślić, że uczestnicy konferencji nie ograniczali się do przedstawienia poglądów w sposób oderwany, ale widać było u wszystkich troskę i aktywny stosunek do sprawy dla zdobycia przełomu obecnej sytuacji w gospodarce gazem ziemnym.

Następny etap konferencji będzie polegał na wprowadzeniu uchwał w życie, w czym będzie zainteresowany szereg warsztatów. Trzeba wyraźnie podzielić wnioski na te, które jesteśmy w stanie i powinniśmy sami zrealizować i do tych musimy się niezwłocznie zabrać, a wnioski, których realizacja będzie uzależniona od pomocy władz centralnych, muszą być potraktowane w ten sposób, że naszym obowiązkiem będzie niezwłocznie po konferencji te rzeczy naświetlić i zacząć się spowodowaniem wprowadzenia ich w życie.

Na zakończenie dyr. O. Feldman podziękował uczestnikom konferencji za liczny udział i żywą dyskusję.

Wnioski

uchwalone na IV Konferencji Naukowo-Technicznej poświęconej zagadnieniom gazu ziemnego w Polsce, odbytej w dniach 11–12. II. 55 r. w Krakowie

Uczestnicy IV Konferencji Naukowo-Technicznej poświęconej zagadnieniom gazu ziemnego w Polsce, po wysłuchaniu referatów i dyskusji uchwalają, co następuje.

I — W zakresie zwiększenia zasobów

Mimo odkrycia i odwiercenia w latach 1953 i 1954 nowych pokładów gazu ziemnego w rejonie Sanoka, produkcja tego gazu ze znanych obecnie złóż wystarczy na pełne pokrycie zapotrzebowania tylko do r. 1958. Od r. 1959 zaczyna się deficyt gazu ziemnego, który wzrasta w r. 1965 do rzędu 250, a w r. 1970 do rzędu 500 milionów m³.

Aby nie dopuścić do poważnych strat w gospodarce narodowej, spowodowanych tak dużym niedoborem gazu ziemnego, należy w planie 5-letnim CZPN przewidzieć takie środki na poszukiwania i wiercenia za gazem ziemnym, które by umożliwiły odkrycie i częściowe odwiercenie, jeszcze w 5-leciu, nowych złóż o zasobach rzędu co najmniej 20 miliardów m³.

Nieprzygotowanie zasobów w wymaganych terminach pociągnie za sobą konieczność przestawienia poważnych zakładów przemysłowych na gaz węglowy, co będzie związane z bardzo poważnymi kosztami inwestycyjnymi i spowoduje wzrost zużycia węgla do rzędu od 500.000 do 1 miliona ton rocznie.

Ponadto uniemożliwi się dalszy rozwój przemysłu chemicznego opartego na gazie ziemnym jako surowcu.

II — W zakresie eksploatacji

Wobec braku w świecie ilościowych kryteriów dopuszczalnego poboru gazu ze złóż i wątpliwości, co do słuszności stosowanych u nas norm poboru, należy je zrewidować po przeprowadzeniu prób empirycznych oraz badań naukowo-technicznych.

Próby empiryczne powinny polegać na stopniowym okresowym powiększaniu różnicy ciśnienia statycznego i dynamicznego i obserwacji oraz określaniu skutków powyższego.

Przy próbach tych należy wykorzystać projekt prof. Z. Wilka — stałego poboru gazu rurkami syfonowymi, celem zbadania zanieczyszczeń stałych i ciekłych, jako sprawdzianu skutków erozji złoża powiększonym poborem.

Próby te winny być dokonane przez zainteresowane kopalnictwa naftowe, przy współudziale Instytutu Naftowego i ZGOT, pod nadzorem OUG. Należy je rozpocząć od złóż o mniejszym znaczeniu przemysłowym i ukończyć w możliwie szybkim terminie, jednakże nie później, niż po upływie 2 lat.

Równolegle Instytut Naftowy i AGH powinny podjąć prace naukowo-badawcze w tym zakresie, jak: zagadnienie przepływu gazu przez porowaty ośrodek, tworzenie się faz itd.

Służba geologiczna PN powinna ustalić jak najszybszej dla posiadanych złóż karty izobar oraz kontury wodno-gazowe. Badania winny również objąć zagadnienie odległości odwierć, siatki i tempa rozwiercania.

III — W zakresie magazynowania gazu

Celem zapewnienia całego pokrycia szczytowych, względnie sezonowych, zapotrzebowania na gaz ziemny oraz celem równomierniejszej eksploatacji kopalń przy użyciu możliwie małych środków inwestycyjnych, należy kontynuować magazynowanie gazu w złożu R. w zwiększonym zakresie (ok. 30 mln. m³ rocznie).

Magazynowanie podziemne ma specjalne znaczenie dla gazu koksowniczego, którego produkcja nie jest zależna od zapotrzebowania. Celem wykorzystania nadwyżek tego gazu OUG winien w ciągu lat 1955–1956 określić możliwości jego podziemnego magazynowania w miarę możliwości w pobliżu dużych środków zużycia.

IV — W zakresie odgazowania złóż węglowych

Odgazowanie Markłowic prowadzone odwierciami z powierzchni dało dotąd gospodarce narodowej około 70 milionów m³ gazu ziemnego i przez czerpanie gazu ze szczelin zmniejszyło niebezpieczeństwo tzw. fukaczy.

Wobec napotykaných trudności przy robotach górniczych w nowych kopalniach w tym rejonie, należy tę metodę zastosować również i dla tych kopalń, wykorzystując do tego celu istniejącą flotację Markłowice.

V — W zakresie użytkowania gazu ziemnego

Wobec wykorzystywania istniejących tankowni gazu ziemnego dla samochodów w minimalnym stopniu z powodu braku butli stalowych, należy przyspieszyć produkcję tych butli i umożliwić pełne wykorzystanie tankowni, co da gospodarce narodowej oszczędność około 10.000 ton benzyny rocznie.

VI — W zakresie przygotowania kadr

Należy przeszkolić grupę inżynierów w dziedzinie eksploatacji gazu pod wysokim ciśnieniem i powierzyć im nadzór nad produkcją na poszczególnych polach gazowych.

Stwierdzając na zakończenie, że gospodarka narodowa zużywa nadal energię w sposób rozrzutny, jaskrawie niewspółmierny do poziomu produkcji zasadniczych przemysłów energetycznych i liczby ludności — uczestnicy Konferencji, a szczególnie gazownicy, deklarują włączyć się czynnie do realizacji ogromnego programu oszczędnej gospodarki gazowo-energetycznej kraju.

Mgr inż. ZYGMUNT MIKUCKI

Kilka uwag dotyczących zagadnienia zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków

„Rozwojowi budownictwa mieszkaniowego towarzyszyła rozbudowa urządzeń komunalnych, która objęła w szerokim zakresie zaniedbane w okresie Polski kapitalistycznej dzielnice robotnicze i przedmieścia.”

„W toku realizacji znajduje się budowa wielkich inwestycji wodociągów grupowych dla zaopatrzenia w wodę Śląska oraz Łodzi.”

„Jednocześnie należy stwierdzić, że budownictwo komunalne nie nadąża za rozwojem budownictwa przemysłowego i nowych osiedli mieszkalnych, a także za potrzebami szybko wzrastającej ludności w miastach istniejących.”

Te cytaty, przytoczone z materiałów II Zjazdu PZPR, dają podstawowe wytyczne dla gospodarki wodnej i komunalnej na najbliższą przyszłość. Musimy wyrównać wielkie zanied-

bania okresu międzywojennego oraz okupacji hitlerowskiej w tych działach gospodarki wodnej w Polsce. Jest to odcinek może najbardziej zaniedbany w naszej gospodarce narodowej. Woda jest czynnikiem niezbędnym dla życia człowieka, rozwoju przemysłu i rolnictwa. Kwestia zaopatrzenia w wodę ludności jest zagadnieniem coraz bardziej palącym ze względu na ciągle wzrastający przemysł, który chętnie korzysta z wody wodociągowej. Następuje przesunięcie w zużyciu wody na rzecz poboru wody przez przemysł, w wielu przypadkach kosztem potrzeb ludności.

Wiemy dobrze, że woda komunalna jest zużywana przez ludność dla potrzeb gospodarczo-bytowych mieszkańców, dla potrzeb komunalnych oraz przez przemysł.

Jeśli idzie o zapotrzebowanie wody przez przemysł, to należy odróżnić zapotrzebowanie dla celów technologicznych, wymagających wody o kwalifikacjach wody pitnej, czy innych celów produkcyjnych dla tej kategorii przemysłów, które ze względów zdrowotnych wymagają wody o tychże kwalifikacjach (przemysł spożywczy). Natomiast istnieje cały szereg przemysłów, które mogą i powinny swoje zapotrzebowanie pokrywać z zasobów wody o innych właściwościach, w miarę możliwości z własnych źródeł, jak np. przemysł hutniczy, koksowniczy, gazowniczy itp.

Nie można dopuścić do tego rodzaju sytuacji, że z jednej strony jest brak wody dla ludności, a z drugiej, jak np. w Poznaniu, gdzie gazownia do gaszenia koksu używa wody wodociągowej mając pod bokiem Wartę. Ze względu na ogromne zaniedbania gospodarki kapitalistycznej z drugiej strony ze względu na ograniczone możliwości rozbudowy naszych ujęć wodociągowych, a jednocześnie w związku z koniecznością zapewnienia maksymalnego zaspokojenia stale rosnących materialnych i kulturalnych potrzeb całego społeczeństwa musimy znaleźć rezerwy w naszej gospodarce na tym odcinku i odpowiednio je wykorzystać.

Rezerwą mogą być nieczynne ujęcia wody przemysłowej, które przy pomocy nieraz drobnych remontów czy adaptacji mogą zaopatrzyć przemysł, a niekiedy i ludność, w potrzebną wodę.

W przypadkach możliwości uzyskania wody gruntowej czy powierzchniowej w pobliżu zakładów przemysłowych, należy przestawić zaopatrzenie przemysłu przez wody własne.

W miastach i osiedlach, które zbliżają się do wykorzystania maksymalnych zdolności produkcyjnych wodociągów, należy poddać rewizji ilość wody zużywanej przez przemysł oraz dążyć do wprowadzenia maksymalnych oszczędności w zużyciu wody. Należy wydać walkę nadmiernym stratom w sieci i instalacjach domowych.

Wszelkie wysiłki w tym kierunku muszą być przystosowane do miejscowych warunków i jakiegokolwiek recepty ogólnej nie należy narzucać. Przed radami narodowymi staje poważne zadanie na odcinku gospodarki komunalnej, które przy pomocy przedstawicieli przemysłu i całego społeczeństwa zostanie z pewnością zrealizowane.

Zagadnieniem pośrednio związanym z warunkami bytowymi szerokich rzesz ludności jest sprawa nieszkodliwego odprowadzania wód zużytych przez przemysł i ludność. Ta sprawa urasta do wielkiego problemu nie tylko z powodu braku urządzeń oczyszczających ścieki w zakładach przemysłowych, gdzie prywatni właściciele nie dbali o nieszkodliwienie tych ścieków, ale również i dlatego, że na skutek zaniedbań gospodarki kapitalistycznej nie mamy jeszcze dla szeregu procesów produkcyjnych opracowanych naukowo metod oczyszczania ścieków również dla zakładów powstałych w okresie powojennym. Stąd wynika konieczność podjęcia wysiłku ze strony całego przemysłu oraz zakładów naukowo-badawczych, aby wypracować naukowo uzasadnione najbardziej ekonomiczne zasady oczyszczania ścieków.

Sprawa ta łączy się jednocześnie z problemem odzyskania szeregu cennych materiałów, które marnują się dla gospodarki narodowej, powodując straty w szeregu innych za-

kładów korzystających z tych samych wód (zakłady w Luboniu i wodociąg w Poznaniu). Im mniej będzie odpływało w ściekach celulozy, włókien sztucznych, wełny, fenolu, materiałów pochodnych ropy naftowej itp., tym ścieki będą mniej uciążliwe dla naszych rzek, a jednocześnie uzyskamy duże oszczędności.

Zakłady przemysłowe powinny w pełni wykorzystywać istniejące urządzenia dla oczyszczania ścieków oraz budować inne na należytych podstawach technicznych i ekonomicznych.

Na tym odcinku jest wiele do zrobienia. Na ogół brak jest zrozumienia ze strony kierownictwa zakładów przemysłowych, a nawet często zdarzają się przypadki lekceważenia tego zagadnienia. Jak wiele można zrobić na tym odcinku tylko przez doprowadzenie do porządku urządzeń istniejących — może służyć jako przykład przemysł papierniczy, który uzyskał w ciągu 3 kwartałów 1954 r. około 900.000 zł oszczędności na tej drodze. Należy zwrócić uwagę na możliwości wykorzystania ścieków przemysłowych i komunalnych dla rolnictwa, zwłaszcza ścieków, jako czynnika nawożającego nasze na ogół lekkie, przepuszczalne gleby, które wymagają intensywnego nawożenia i zasilania wodą.

W sprawie rolniczego wykorzystania ścieków spotykamy się nieraz z samorządną inicjatywą chłopów, jak np. nawodnienia łąk ściekami w dolinie Neru, gdzie otrzymuje się do 120 g z 1 ha wysokowartościowego siana.

Nasze miasta, jak Warszawa, Poznań, Kraków, Łódź itd. oczekują na budowę oczyszczalni, a jednocześnie na techniczne rozwiązanie, które by pozwoliło stworzyć bazę żywieniową ogrodnictwa i hodowlaną dla naszych ośrodków miejskich. Należy stosować rozwiązanie najtańsze i, o ile to możliwe, należy po oczyszczaniu mechanicznym ścieków dążyć do zastosowania nawodnienia nasiąkowego, tj. wykonania najprostszych kanałów otwartych i systemu brzd. Na tej drodze nastąpiło wykorzystanie ścieków m. Lipska w Delitsch, gdzie uzyskano duże efekty gospodarcze.

Konieczne jest dążenie do utrzymania postulatu wyprzedzenia uzbrojenia terenu, to jest wcześniejszej budowy m. in. urządzeń wodociągowo-kanalizacyjnych przed rozpoczęciem budowy nowego osiedla.

Nie powinny się powtarzać przypadki, że osiedla są gotowe, lecz z powodu niewykonania urządzeń kanalizacyjnych czy oczyszczalni ścieków, powstają trudności, które uniemożliwiają oddanie ich do użytku (Ligota, Nowy Bytom, Kruszwica). Wreszcie, sprawa bardzo ważna, jeżeli chodzi o gospodarkę wodociągowo-kanalizacyjną — to kwestia zaopatrzenia materialowego.

Ilość materiałów otrzymanych z produkcji (przede wszystkim rur) limituje rozmiar naszych inwestycji w wodociągach i kanalizacji. Należy dążyć do rozbudowy produkcji rur wiro-betonowych, betonowych, wstępnie sprężonych, rur szklanych, winidurowych itp. Istnieją duże możliwości stosowania materiałów zastępczych, dotychczas nie wykorzystanych. Inicjatywa twórcza w dziedzinie postępu technicznego może nam wiele pomóc dla poprawy tak ważnego, mającego duży wpływ na polepszenie warunków bytowych mas pracujących, zagadnienia zaopatrzenia w wodę, odprowadzania ścieków i ich należytego wyzyskania.

Inż. WŁODZIMIERZ SKORASZEWSKI

Niektóre osobliwości filtracji wody bieżącej

Filtracja wody stojącej przez piasek jest zagadnieniem znany dostatecznie, jeżeli chodzi o jego stronę mechaniczną.

Każdy filtr piaskowy, konstrukcji stosowanych powszechnie, jest to osadnik z dnem porowatym. Woda surowa przychodzi do przestrzeni nad złożem z pewną ilością zawieszin, przesącza się z góry do dołu przez złożę zostawia na nim większą lub mniejszą część zawiesziny, proporcjonalnie do porowatości złoża oraz innych okoliczności towarzyszących, np. koagulantów, grubości błonki filtracyjnej, temperatury, uziarnienia zawiesziny itp. Filtry powolne mogą redukować ilość zawieszin do 99% ilości początkowej. Jeżeli więc woda

surowa zawiera w ogóle x gr/l zawieszin, to na filtrze może pozostać $0,99 x$, czyli filtr zanieczyszcza się dość szybko osadem zawieszin. Wtedy należy go wyłaczyć z ruchu i oczyszczać. Proces oczyszczania jest dość kosztowny, gdyż prowadzi się go przeważnie ręcznie.

Wodociągi warszawskie przeprowadziły w latach ostatnich kilka większych pompowań ze studni wierconych pośrodku koryta Wisły. Ilość wody pompowanej wynosiła około 200 m³/h. Każde pompowanie trwało około 3 miesięcy, więc w tym czasie odpompowano około $200 \times 24 \times 25 \times 3 = 360\,000$ m³.

Woda pompowana była dwojakiego pochodzenia.

Część stanowiła woda gruntowa, płynąca w piaskach dennych, część zaś woda rzeczna, infiltrująca się do wodonośca dennego pod wpływem depresji wywołanej przez pompowanie.

Stosunek obu rodzajów wód zawartych w pompowanej mieszaninie ustaliliśmy na podstawie różnic temperatur, jako czynnika ulegającego bardzo wielkim zmianom. Woda gruntowa miała np. temperaturę 12°C, woda rzeczna w tej samej chwili 24°C, zaś mieszana 23,5°C.

Fakt ten dowiódł, iż pompowano przeważnie wodę rzeczna. Obliczenia przeciętne przeprowadzone dla licznych obserwacji pozwoliły na wyciągnięcie wniosku, że w okresie pompowania stosunek przeciętny ważony wynosił około 1:4. Inaczej mówiąc, zawartość wody gruntowej w mieszaninie wahała się około 20%. Biorąc za podstawę obliczeń wyniki globalne pompowania, tj. 360.000 m³ ustalamy, że przez powierzchnie piasków dennych przeszło $360\,000 \times 0,8 = 288\,000$ m³ surowej wody wiślanej.

Przyjmując dalej, że w okresie pracy pomp ilość zawieszin w surowej wodzie wiślanej wynosiła przeciętnie 50 mg/l otrzymamy, iż cała ilość przefiltrowanej wody surowej powinna była zostawić na złożu naturalnym

$$0,05 \times 1000 \times 288\,000 = 14\,400 \text{ kg}$$

osadu zakładając dla uproszczenia, iż całe 100% zawiesziny pozostaje na filtrze.

Wpływ depresji studni pompowanej nie przekraczał 25 m, licząc od osi studni. Obejmował więc powierzchnię około 2000 m². Ilość osadu przypadająca przeciętnie na 1 m² powinna wynosić $14\,400 : 2000 = 7,2 \text{ kg/m}^2$, licząc na suchą pozostałość. Biorąc zaś pod uwagę, że w rezultacie filtracji powinniśmy otrzymać osad o zawartości 95%, wtedy ilość osadu mierzona w litrach mogłaby osiągnąć wielkość około 140 l/m².

Dotychczas przyjmowaliśmy osiadanie jako równomierne na całej powierzchni filtracyjnej. Oczywiście jest to założenie niesłuszne. Prędkość filtracji jest nierównomierna i w pobliżu studni największa. Obliczenia orientacyjne doprowadzają do wniosku, iż prędkość filtracji przy studni powinna być około 3,5 większa od przeciętnej dla całej powierzchni. Oczywiście, wtedy ilość osadu na piasku lub w piasku tuż przy studni pompowanej powinna być największa, dochodząc do 25 kg suchej pozostałości na 1 m². Rzecz prosta, że w takim przypadku piasek powinien być bardzo zabrudzony, więcej nawet niż na filtrze powolnym.

Tymczasem rzeczywistość wygląda całkiem odmiennie. Próby piasku pobrane z dna rzeki tuż przy studni czynnej i w granicach do 1 m od powierzchni prawie nie wykazują

zanieczyszczeń. Są one mniej więcej takie same, jak i wzięte z miejsc, na których nie było filtracji. Zachodzi tedy zjawisko dość dziwne. Woda surowa filtruje się przez piasek, nie pozostawiając na powierzchni lub w złożu widocznych osadów.

Sprawa wygląda tak, jak gdyby woda zawierająca zawiesziny i płynąca nad złożem filtracyjnym oddawała tylko molekule H₂O, natomiast zawieszina odpływa dalej. Prędkość filtracji do złoża jest niewielka. Wynosi ona $200\,000 : 3600 \times 2000 = 200\,000 : 7\,200\,000 =$ około 0,028 mm/s przeciętnie, a $0,028 \times 3,5 = 0,1$ mm/s maksymalnie.

Nikła wielkość składowej pionowej prędkości filtracji w stosunku do prędkości wody wynoszącej 300 — 600 mm/s może powodować, że męty nie osiadają w stopniu mającym znaczenie praktyczne. Jednocześnie należy przyjąć pod uwagę, iż część górna piasku dennego, stykająca się bezpośrednio z wodą bieżącą, stale płynie w dół rzeki. Przeto być może unosi z sobą osiadające zawiesziny. Próbkę pobraliśmy pod promami roboczymi, więc w środowisku o przyspieszonej prędkości, co także może mieć wpływ na osadzenie. W każdym jednak razie możemy stwierdzić, że gdy woda surowa płynie po złożu z prędkością powyżej 0,30 m/s, to osadza ona na powierzchni filtru znacznie mniejsze ilości zawieszin niż woda stojąca. Ilość osadzanych zawieszin maleje w miarę wzrostu prędkości, dochodząc do zupełnie nikłych przy prędkościach obserwowanych podczas badań warszawskich. Spostrzeżenie opisane in crudo może mieć pewne znaczenie dla technologii filtracji wody komunalnej czy przemysłowej w ogóle.

Jeżeli bowiem woda surowa płynie nad złożem z prędkością, którą wyznaczyć mogą dopiero badania szczegółowe, nie zanieczyszcza złoża zupełnie, albo tylko w nikłym stopniu, to może udałoby się skonstruować takie filtry sztuczne, które dawałyby dobry filtrat bez konieczności stałego czyszczenia złoża, a może i bez koagulacji.

Mogłyby to być filtry tak zamknięte, jak i otwarte, o kierunku ruchu z góry na dół lub z dołu do góry. Jednakże dziś sprawa jest jeszcze niejasna i dla jej pełnego rozwiązania należałoby wykonać badania laboratoryjne na złożu przepływowym.

Należałoby mieć możliwość wytwarzania wody surowej sztucznie zamętnianej oraz stosowanie różnych prędkości przepływu, a także złoża o różnym uziarnieniu. Oczywiście badania tego rodzaju mogłyby przeprowadzać tylko instytut naukowy, posiadający odpowiednik wyposażony w personel naukowy, znający gruntownie zagadnienie filtracji tak powolnej jak i pośpiesznej.

Inż. HENRYK STĘPIEŃ

Sposoby zabezpieczania instalacji c.o. przed wahaniami ciśnienia w sieciach ciepłowniczych

Treść: Sposoby zabezpieczania instalacji c. o. podłączonych do sieci ciepłowniczych wg systemu bezpośredniego. Omówienie rodzajów zabezpieczeń tych instalacji przed wzrostem ciśnienia powyżej dopuszczalnego i opróżnieniem z wody. Zabezpieczenia pomieszczeń ogrzewanych przed zalaniem wodą w przypadku uszkodzenia instalacji. Wyprowadzenie wzoru na obliczanie zaworów bezpieczeństwa.

1 Część ogólna

Z artykułu pt. „Przyczyny i skutki wahaniami ciśnienia w sieciach ciepłowniczych“, zamieszczonego w nr 4/55 miesięcznika Gaz, Woda i Technika Sanitarna, wynika, że wahania ciśnienia w instalacjach c. o. podłączonych wg systemu bezpośredniego mogą znacznie przekroczyć ciśnienia dopuszczalne. Wahania ciśnienia w granicach niedopuszczalnych mogą być najczęściej spowodowane nieumiejętnością obsługi lub niewłaściwym wyborem systemu podłączenia instalacji.

Na skutek powyższego wszystkie instalacje c. o. podłączone do sieci ciepłowniczej wg systemu bezpośredniego muszą być wyposażone w specjalne urządzenia zabezpieczające.

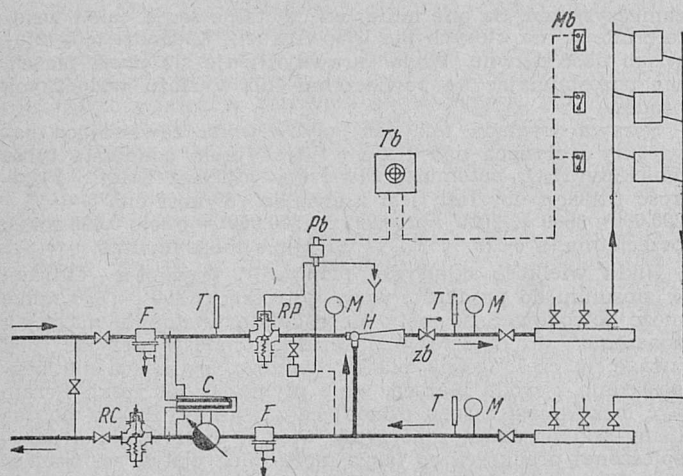
Zabezpieczenia stosowane w Związku Radzieckim nie pozwalają na wybór jednego z nich bez przeprowadzenia odpowiedniej analizy w nawiązaniu do warunków miejscowych.

Największa ilość instalacji będzie podłączona do sieci ciepłowniczej przez hydroelewatory (pompy strumieniowe). W związku z tym w dalszych rozważaniach zostaną omówione szczegółowo zabezpieczenia instalacji podłączonych przez te przyrządy.

Węzły cieplne w budynkach będą zautomatyzowane w oparciu o rozwiązania radzieckie. Schemat zautomatyzowanego węzła cieplnego podano na rys. 1. Głównym zadaniem automatyzacji wszystkich węzłów cieplnych jest utrzymanie stałego przepływu wody przez instalację c. o. i stałej temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych.

Zadanie to spełnia regulator przepływu (rys. 2), który ustawia się na przewodzie zasilającym węzła cieplnego.

Sterowanie regulatora dla utrzymania stałego przepływu wody przez instalację c. o. dokonywane jest na zasadzie różnicy ciśnień w przewodzie zasilającym i powrotnym (jeżeli rozporządzalne ciśnienie w węźle jest mniejsze od 25 m sł. w.) lub na zasadzie różnicy ciśnień w przewodzie zasilającym przed i za kryzą ustawioną za regulatorem



Rys. 1 — Schemat zautomatyzowanego węzła ciepłego w budynku. T — termometr, M — manometr, F — filtr, zb — zawór bezpieczeństwa, H — hydroelewator, Mb — miarkownik bimetaliczny, Pb — przełącznik bimetaliczny, Tb — automatyczna rozdzielnica elektryczna, RP — regulator przepływu, RC — regulator ciśnienia, C — ciepłomierz.

przepływu (jeżeli rozporządzone ciśnienie jest większe od 25 m sł. wody).

Sterowanie regulatora dla utrzymania żądanej temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych odbywa się za pomocą urządzeń elektrycznych.

W trzech charakterystycznie położonych pomieszczeniach instaluje się bimetaliczne miarkowniki temperatury (Mg).

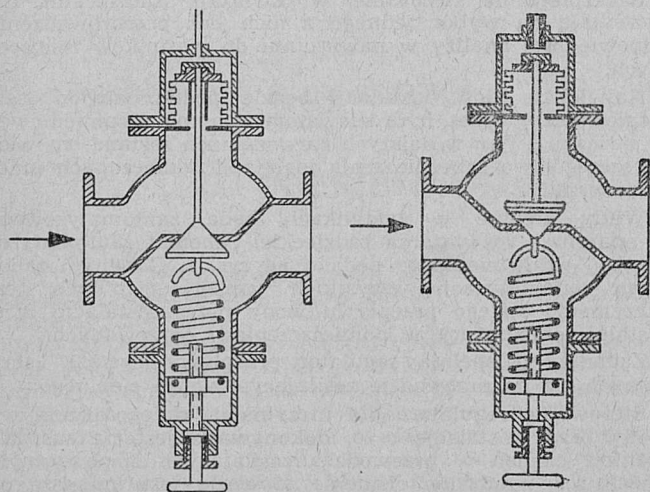
Przy podwyższeniu temperatury w dwóch kontrolnych pomieszczeniach bimetaliczne miarkowniki zamykają obwód prądu elektrycznego. Przepływ prądu powoduje, że bimetaliczny suwak rozrządu (P_b) wypuszcza na zewnątrz wodę znajdującą się nad membraną miechową regulatora przepływu i zamyka dopływ wody z sieci do regulatora.

Na skutek tego ciśnienie nad membraną miechową opada i regulator przepływu zamyka się odcinając dopływ wody do instalacji. Przy obniżeniu się temperatury w pomieszczeniach kontrolnych proces przebiega w odwrotnym porządku.

Opisany system automatyzacji nie reaguje na podwyższenie lub obniżenie się ciśnienia w instalacji, a przez to nie zabezpiecza jej od uszkodzenia i zakłócenia w pracy.

Na rys. 4 podano schemat niezautomatyzowanego węzła ciepłego w budynku.

Do czasu wyprodukowania w kraju wymienionych na rys. 1 urządzeń do automatyzacji — węzły ciepłe w budynkach są i będą rozwiązywane wg tego schematu.



Rys. 2 — Regulator przepływu.

Rys. 3 — Regulator ciśnienia.

2. Zabezpieczenia instalacji c. o. przed wzrostem ciśnienia powyżej dopuszczalnego.

Podwyższenie ciśnienia powyżej dopuszczalnego może nastąpić w następujących wypadkach:

1. gdy ciśnienie hydrostatyczne w sieci będzie wyższe od ciśnienia dopuszczalnego w instalacji,
2. po zamknięciu zasuwy na przewodzie powrotnym w dowolnym miejscu w sieci lub węźle ciepłym budynku,
3. po uszkodzeniu urządzeń regulujących ciśnienia w źródle ciepła,
4. przy nieszczelności zaworów w węźle ciepłym po wyłączeniu instalacji.

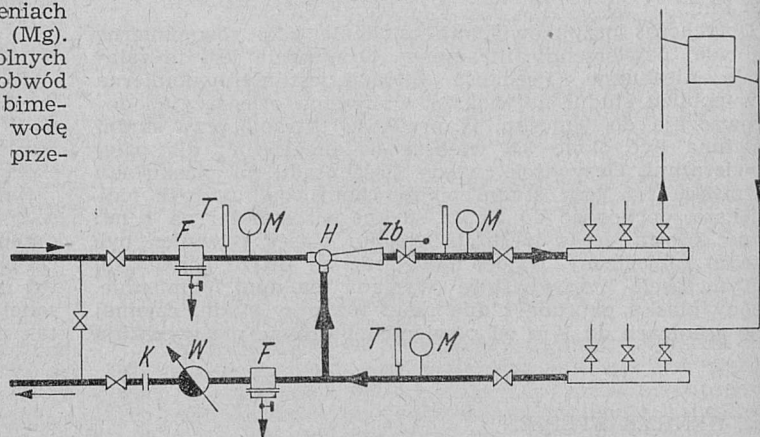
Zabezpieczenie instalacji c. o. przed wzrostem ciśnienia powyżej dopuszczalnego może się odbywać przez:

- a) wyłączenie instalacji z sieci zewnętrznej,
- b) przez wypuszczenie z sieci w węźle ciepłym budynku takiej ilości wody, żeby opory przepływu przez sieć i węzeł ciepły spowodowały obniżenie ciśnienia w instalacji c. o. do poziomu dopuszczalnego,
- c) zapobieganie omyłkom personelu eksploatacyjnego przy zamykaniu zasuw.

W pierwszym rozwiązaniu rolę zabezpieczeń spełniają zawory membranowe, w drugim zawory bezpieczeństwa, a w trzecim odpowiednie urządzenia blokujące zasuwy.

Najprostszym sposobem zabezpieczenia instalacji c. o. przez wyłączenie jest rozwiązanie podane na rys. 5.

Polega ono na wyłączeniu instalacji na zasilaniu za pomocą zaworu membranowego. Impuls na zawór membranowy przekazywany jest z przewodu powrotnego. W przy-



Rys. 4 — Schemat niezautomatyzowanego węzła ciepłego w budynku. T — termometr, M — manometr, H — hydroelewator, F — filtr, zb — zawór bezpieczeństwa, W — wodomierz, K — diafragma.

padku podniesienia się ciśnienia w przewodzie powrotnym powyżej dopuszczalnego, następuje równoczesne podwyższenie ciśnienia nad membraną zaworu. Powoduje to zamknięcie zaworu membranowego i wyłączenie instalacji c. o. z sieci wewnętrznej.

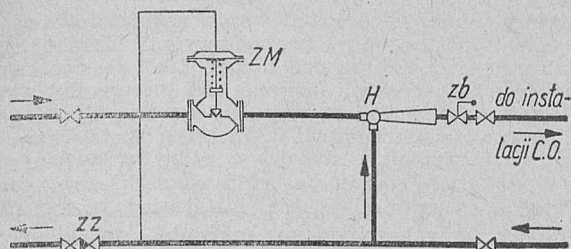
Rolę zabezpieczenia na przewodzie powrotnym spełnia zawór zwrotny.

Dla zabezpieczenia instalacji w przypadku nieszczelności któregoś z zaworów ustawiany jest w węźle ciepłym zawór bezpieczeństwa. Ma on za zadanie wypuszczenia na zewnątrz tej ilości wody, która przedostanie się do instalacji na skutek nieszczelności zaworów.

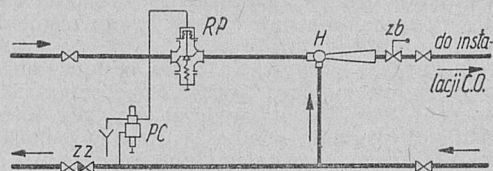
Drugim sposobem zabezpieczenia instalacji przez wyłączenie jest rozwiązanie przedstawione na rys. 6.

Polega ono na wyłączeniu instalacji za pomocą normalnego regulatora przepływu (rys. 2), jaki jest używany do utrzymania obliczeniowego przepływu i temperatury pomieszczeń ogrzewanych przy automatyzacji węzłów ciepłych budynków.

Zasada działania omawianego rozwiązania podanego na rys. 6 jest następująca. Przy podniesieniu się ciśnienia powyżej dopuszczalnego w przewodzie powrotnym węzła ciepłego (a tym samym i w całej instalacji) następuje pokonanie oporu sprężyny w przełączniku ciśnienia i odkrycie wy-



Rys. 5 — Schemat zabezpieczenia instalacji c. o. za pomocą zaworu membranowego. ZM — regulator membranowy, zz — zawór zwrotny, zb — zawór bezpieczeństwa.



Rys. 6 — Schemat zabezpieczenia instalacji c. o. za pomocą regulatora przepływu. RP — regulator przepływu, PC — przełącznik ciśnienia, zb — zawór bezpieczeństwa, zz — zawór zwrotny.

lotu wody z urządzenia zabezpieczającego. Wypływ wody na zewnątrz powoduje obniżenie ciśnienia nad membraną miechową regulatora przepływu, co z kolei powoduje jego zamknięcie pod działaniem ciśnienia panującego w instalacji. Na przewodzie powrotnym instalacja zabezpieczona jest przez zawór zwrotny. Zawór bezpieczeństwa nie dopuszcza do podniesienia się ciśnienia w przypadku nieszczelności regulatora przepływu lub zaworu zwrotnego.

Zabezpieczenie instalacji za pomocą zaworów bezpieczeństwa polega na wypuszczeniu z sieci takiej ilości wody, aby opory przepływu, zwłaszcza przez dyszę hydroelewatora, były tak duże, ażeby obniżyć ciśnienie w instalacji do poziomu dopuszczalnego. Gdyby na przykład zamknąć zasuwy na przewodzie powrotnym w elektrociepłowni, wówczas zawory bezpieczeństwa ustawione w węzłach ciepłych budynku powinny wypuścić z sieci całą ilość wody podawaną przez pompy obiegowe. Ciśnienie we wszystkich instalacjach w tym przypadku ustaliłoby się na poziomie dopuszczalnego.

Zawór bezpieczeństwa, tak jak i wszystkie urządzenia zabezpieczające, powinien być ustawiony na węźle ciepłym w ten sposób, żeby nie było możliwości wyłączenia go z instalacji, gdy jest ona połączona z siecią zewnętrzną. Prawidłowy sposób ustawienia zaworów bezpieczeństwa podano na rys. 1 i 4.

Instalacje podłączone do sieci ciepłej bezpośrednio lub przez mieszanie pompą odśrodkową powinny być zabezpieczone za pomocą dwóch zaworów bezpieczeństwa, z których jeden należy ustawić na przewodzie zasilającym, a drugi na powrotnym.

Jeden zawór bezpieczeństwa nie spełni w tym wypadku należycie swego zadania, ponieważ może być w różnych okolicznościach odłączony od instalacji.

Zabezpieczenie zapobiegające omyłkom personelu eksploatacyjnego polega na zablokowaniu zasuw w ten sposób, żeby przy wyłączeniu odcinka sieci lub instalacji możliwe było zamknięcie najpierw tylko zasuw na przewodzie zasilającym, a później na powrotnym. Przy włączaniu natomiast powinno być możliwe najpierw otwarcie zasuw na powrocie, a później na zasilaniu.

Stosowanie zabezpieczenia przez blokowanie zasuw ma duże znaczenie, ponieważ na skutek nieodpowiedniego manewrowania zasuwami może zdarzyć się najwięcej wypadków wzrostu ciśnienia powyżej dopuszczalnego.

Blokowanie zasuw powinno być rozwiązane za pomocą najprostszych elementów mechanicznych (układu dźwigni, względnie odpowiednio wyciętych tarcz), gdyż tylko w tym przypadku da pozytywne rezultaty. Największe znaczenie ma blokowanie zasuw na magistralach. Jednakże jest to trudne do przeprowadzenia, ponieważ duże zasuwę posiadają obejścia odciążające, których zawory powinny być zablokowane z wrzecionami głównymi zasuw. Bardzo pożądane jest również zablokowanie zaworów na węzłach ciepłych budynków, gdyż zawory te są najczęściej używane i łatwo dostępne dla obsługi.

Z przedstawionych powyżej sposobów zabezpieczenia instalacji c. o. przed wzrostem ciśnienia wynika, że instalowanie zaworów bezpieczeństwa we wszystkich węzłach ciepłych budynków jest konieczne. Zawór bezpieczeństwa w jednym wypadku będzie stanowił zabezpieczenie zasadnicze, a w drugim pomocnicze.

Wybór jednego z przedstawionych rozwiązań bez doświadczeń eksploatacyjnych jest bardzo trudny. Zagadnienie to powinno być właściwie rozwiązane w ten sposób, żeby w pierwszym okresie eksploatacji zainstalować podwójne

zabezpieczenia np. za pomocą odłączenia instalacji i zaworu bezpieczeństwa obliczonego jako oddzielne zabezpieczenie. Doświadczenia powinny pokazać, które zabezpieczenia są konieczne, a które można usunąć.

W praktyce z powodu braku automatycznych zaworów wyłączających zabezpieczenia instalacji c. o. są realizowane w sposób przeciwny.

W pierwszym okresie eksploatacji sieci ciepłowniczej w Warszawie zostały zainstalowane tylko zawory bezpieczeństwa, a doświadczenia wykazały, czy jest to dostateczne zabezpieczenie. Uwzględniając doświadczenia ciepłownictwa ZSRR można przypuszczać, że zabezpieczenia za pomocą zaworów bezpieczeństwa są wystarczające.

Pomimo to, należy jak najprędzej wykonać w kraju urządzenia do zabezpieczenia za pomocą wyłączenia instalacji od sieci zewnętrznej. Jeżeli urządzenia te nie znajdą powszechnego zastosowania, wówczas będą konieczne w indywidualnych przypadkach.

Zawór membranowy może być bez większych trudności przystosowany z produkowanych w kraju membranowych zaworów redukcyjnych. Porównując obydwie koncepcje zabezpieczenia przez wyłączenie przedstawione na rys. 5 i 6 należy stwierdzić, że rozwiązanie wyłączenia za pomocą zaworu membranowego jest prostsze w działaniu i wymaga mniej elementów. Natomiast zasadniczą zaletą zabezpieczenia przez wyłączenie za pomocą regulatora przepływu jest to, że regulator ten będzie seryjnie produkowany i ustawiony dla automatyzacji węzłów ciepłych.

Wykonanie przełącznika ciśnienia nie powinno nastęrczać większych trudności. Poza tym rozwiązanie to wydaje się pewniejsze w działaniu, gdyż spowoduje natychmiastowe wyłączenie instalacji, podczas gdy przy wyłączeniu za pomocą zaworu membranowego zawór ten przed zamknięciem może przydławić przepływ wody do instalacji.

Stosowanie zabezpieczenia przez wyłączenie jest konieczne w przypadku, gdy ciśnienie hydrostatyczne w sieci jest wyższe od ciśnienia dopuszczalnego dla instalacji.

Jednakże bez należytego wypróbowania urządzeń wyłączających nie jest w tym przypadku pożądane podłączanie instalacji c. o. wg systemu bezpośredniego.

Instalację, dla której ciśnienie hydrostatyczne w sieci jest wyższe od dopuszczalnego, najlepiej podłączyć przez wymiennik ciepła.

Stosowanie zabezpieczenia za pomocą zaworów bezpieczeństwa jest niezastąpione w przypadku konieczności ochrony instalacji od uszkodzenia, spowodowanego nieszczelnością zaworów wyłączających.

3. Zabezpieczenie instalacji c. o. przed obniżeniem ciśnienia poniżej dopuszczalnego (przed opróżnieniem z wody).

Obniżenie ciśnienia poniżej dopuszczalnego może nastąpić w następujących warunkach:

1. Gdy ciśnienie w przewodzie powrotnym w miejscu podłączenia instalacji jest niższe od ciśnienia hydrostatycznego w instalacji.
2. Gdy ciśnienie hydrostatyczne w sieci jest niższe od ciśnienia hydrostatycznego w instalacji.
3. Na skutek różnych przyczyn, które mogą wystąpić przy normalnej eksploatacji sieci, jak wyłączenie większej ilości odbiorców, zamknięcie zasuw na przewodzie zasilającym itp.

Uniwersalnym i bezsprzecznie najlepszym zabezpieczeniem instalacji przed opróżnieniem w wymienionych warunkach jest zastosowanie regulatora ciśnienia (patrz rys. 3).

Regulator ciśnienia ustawia się na przewodzie powrotnym węzła ciepłego budynku (patrz rys. 1).

Grzybek regulatora jest przyciskany do siódła za pomocą sprężyny. Otwarcie następuje wtedy, kiedy ciśnienie w instalacji pokona opór sprężyny.

Regulacja zaworu odbywa się przez odpowiednie naciąganie sprężyny za pomocą śruby. Sprężynę nastawia się w ten sposób, żeby zawór otwierał się, gdy ciśnienie ze strony instalacji osiągnie wielkość równą wysokości ciśnienia hydrostatycznego w instalacji plus 4 m.

Ze strony sieci zewnętrznej (wylotu wody) regulator jest odciążony za pomocą membrany, której powierzchnia jest równa powierzchni grzybka.

Opisany regulator gwarantuje zapełnienie wodą całej instalacji przy dowolnie niskim ciśnieniu w przewodzie powrotnym sieci zewnętrznej.

Regulator ciśnienia nie jest dotychczas produkowany w kraju. W niektórych przypadkach zabezpieczenia instalacji c. o. mogą się odbywać za pomocą innych urządzeń.

Gdy ciśnienie w przewodzie powrotnym jest mniejsze od ciśnienia hydrostatycznego w instalacji — zabezpieczenie instalacji może się odbywać za pomocą diafragmy, którą należy ustawić na przewodzie powrotnym węzła ciepłego (rys. 4). Zabezpieczenie za pomocą kryzy da zadowalające rezultaty tylko w tym wypadku, gdy instalacja jest narażona na opróżnienie przy normalnym ruchu sieci i gdy wielkość obniżenia ciśnienia jest znana. Kryzę dławicą należy obliczać tak, aby stwarzała dodatkowy opór hydrauliczny równy różnicy ciśnienia hydrostatycznego instalacji i ciśnienia w przewodzie powrotnym plus 4 m.

W innych przypadkach, gdy opróżnienie instalacji grozi przy postoju pomp obiegowych lub wielkość obniżenia ciśnienia nie jest znana, zabezpieczenie może być dokonane tylko za pomocą regulatora ciśnienia lub innych specjalnych zaworów regulacyjnych.

W przypadku braku regulatora ciśnienia może on być zastąpiony odpowiednio przerobionym zaworem redukcyjnym. Membranowe zawory redukcyjne, które nadają się do wykorzystania (po drobnych przeróbkach) zamiast regulatora ciśnienia, produkowane są w kraju.

Analizując przyczyny powodujące możliwość obniżenia ciśnienia w instalacjach należy stwierdzić, że możliwe jest opróżnienie niemal w każdej instalacji c. o. podłączonej wg systemu bezpośredniego. Zachodzi więc pytanie, czy konieczne jest zabezpieczenie każdej instalacji, a jeśli nie, to w jakim zakresie należy stosować zabezpieczenia.

Gdy ciśnienie w przewodzie powrotnym jest niższe od ciśnienia hydrostatycznego w instalacji, wówczas zabezpieczenie jest bezwzględnie konieczne, gdyż po niedługim czasie pracy sieci instalacja taka opróżni się z wody do wysokości równej wysokości ciśnienia panującego w przewodzie powrotnym.

Opisany wyżej przypadek jest najczęściej spotykany w sieciach ciepłowniczych. Występuje on zazwyczaj w instalacjach budynków usytuowanych w pobliżu źródła ciepła, gdzie ciśnienia w przewodach powrotnych są stosunkowo niskie.

Gdy ciśnienie hydrostatyczne w sieci jest niższe od ciśnienia hydrostatycznego w instalacji, zabezpieczenie jest również konieczne, gdyż podczas postoju pomp obiegowych instalacja (o wyższym ciśnieniu hydrostatycznym) opróżniłaby się. Opisany wypadek zachodzi bardzo rzadko, zazwyczaj gdy wg systemu bezpośredniego podłączona jest instalacja budynku o znacznej wysokości. Wówczas podłączenie tej instalacji do sieci bez zabezpieczeń spowodowałoby przekazanie dopuszczalnego ciśnienia w instalacjach pozostałych budynków.

W pierwszym okresie eksploatacji wydaje się celowe naddanie wysokich budynków wg systemu pośredniego. Pozwoli to uniknąć stosowania zabezpieczeń od opróżnienia oraz wykluczy możliwość wzrostu ciśnienia w innych instalacjach.

Ten ostatni wypadek może mieć miejsce przy uszkodzeniu lub niepełnym zamknięciu regulatora ciśnienia np. na skutek zanieczyszczenia go.

Obniżenie ciśnienia poniżej dopuszczalnego w instalacjach c. o. na skutek różnych przyczyn wynikłych z błędów personelu eksploatacyjnego sieci, jak np. zbyt niskie obniżenie ciśnienia w elektrociepłowni, zamknięcie zasuw na przewodzie zasilającym itp., wymaga wyposażenia każdego węzła ciepłego budynku w regulator ciśnienia.

Uniknięcie masowego instalowania regulatorów ciśnienia jest jednak możliwe przy prawidłowym i starannym eksploataowaniu sieci. Biorąc pod uwagę fakt, że sieć ciepłownicza powinna być eksploatowana pod kierunkiem wysoko-kwalifikowanego personelu technicznego oraz uwzględniając doświadczenia ciepłownictwa w Związku Radzieckim, gdzie regulatory ciśnienia są stosowane tylko w dwóch pierwszych wypadkach, można postawić wniosek, że stosowanie regulatorów ciśnienia dla każdej instalacji c. o. jest zbędne.

Ograniczenie zabezpieczenia instalacji do koniecznych przypadków jest dopuszczalne jeszcze z tego względu, że ewentualne obniżenie ciśnienia w instalacji, które może się zdarzyć bardzo rzadko, nie wywoła przykrych skutków, lecz spowoduje jedynie zakłócenia w normalnej pracy instalacji.

W mniejszych sieciach ciepłych np. zasilanych z kotłowni rejonowych, zabezpieczenie wszystkich instalacji nie jest również konieczne, gdyż omyłki personelu eksploatacyjnego prawie wykluczają możliwość obniżenia poniżej dopuszczalnego.

4. Zabezpieczenie pomieszczeń ogrzewanych przed zalaniem wodą w przypadku uszkodzenia instalacji.

Zabezpieczenie pomieszczeń ogrzewanych przed zalaniem wodą przy pęknięciu instalacji może się odbywać przez wyłączenie uszkodzonego elementu od reszty instalacji lub całej instalacji od sieci zewnętrznej. Wyłączenie uszkodzonych elementów lub instalacji może być przeprowadzane ręcznie lub automatycznie.

Najbardziej narażonymi elementami na uszkodzenia są grzejniki. W związku z tym umożliwienie wyłączenia grzejników w chwili ich uszkodzenia w zasadzie zabezpieczy pomieszczenie przed zalaniem wodą.

Automatyczne wyłączenie uszkodzonych grzejników od reszty instalacji jest w praktyce niemożliwe do zrealizowania, ponieważ koszty urządzeń automatycznych i ich konserwacji będą zbyt wysokie. Zadanie to może być z powodzeniem zrealizowane ręcznie. W tym celu należy na przewodzie powrotnym przy grzejniku zamontować zawór zwrotny, jak to pokazano na rys. 7.

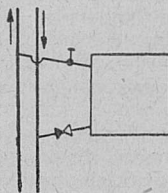
Przy uszkodzeniu grzejnika wystarczy zakręcić zawór na zasileniu, aby wyłączyć grzejnik od reszty instalacji. Zasadniczą wadą takiego rozwiązania jest to, że w wypadku pęknięcia grzejnika w chwili, gdy nie ma nikogo w pomieszczeniu ogrzewanym, nie zabezpieczy ono przed wylaniem się wody.

Wyłączenie całej instalacji od sieci zewnętrznej w chwili uszkodzenia grzejników możliwe jest do zrealizowania ręcznie i automatycznie. Wyłączenie ręczne polega po prostu na zamknięciu zaworów na zasilaniu i powrocie.

Rozwiązanie wyłączenia instalacji za pomocą urządzeń automatycznych przedstawione jest na rys. 8. Budowa i zasada działania tego zabezpieczenia jest następująca.

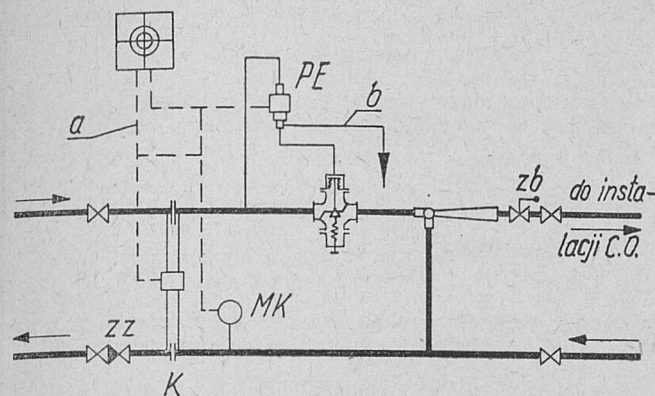
Na przewodzie powrotnym i zasilającym węzła ciepłego ustawia się dwie diafragmy o jednakowych średnicach. Spadek ciśnienia w obydwu diafragmach przenosi się na przekątnik awarii. Zasadniczymi elementami przekątnika awarii (rys. 9) są dwie gumowe membrany umieszczone w oddzielnych komorach, połączone ze sobą za pomocą trzpienia działającego na wyłącznik elektryczny.

Gdy instalacja nie jest uszkodzona i woda z niej nie wypływa, spadek ciśnienia w obydwu diafragmach jest jednakowy, a siły działające na obie membrany równoważą się. Dzięki temu trzpień pozostaje nieruchomy, a wyłącznik otwarty.



Rys. 7 — Zabezpieczenie przed zalaniem pomieszczenia w przypadku pęknięcia grzejnika.

Przy uszkodzeniu instalacji i wypływie z niej wody spadek ciśnienia w diafragmie na przewodzie powrotnym maleje. Na skutek tego różnica ciśnień, a tym samym i siła działająca na jedną membranę przenośnika awarii maleje, co powoduje przesunięcie trzpienia i zamknięcie obwodu prądu.



Rys. 8 — Schemat zabezpieczenia budynku przed zalaniem wodą w przypadku uszkodzenia instalacji c. o. zz — zawór zwrotny, PE — przekaźnik elektromagnetyczny, b — przewody rurowe, a — przewody elektryczne, K — diafragma, MK — manometr kontaktowy, RP — regulator przepływu, zb — zawór bezpieczeństwa.

du elektrycznego. Przepływ prądu przez cewkę elektromagnetycznego przekaźnika ciśnienia (rys. 10) powoduje podniesienie do góry rdzenia, który zamyka dopływ wody z sieci i otwiera odpływ wody znad membrany regulatora przepływu.

Obniżenie ciśnienia nad membraną wywołane odpływem wody spowoduje w rezultacie zamknięcie regulatora przepływu, a tym samym wyłączenie instalacji c. o. z sieci zewnętrznej.

Zabezpieczenie przeciw zalaniu wodą pomieszczeń ogrzewanych można łatwo połączyć z zabezpieczeniem przeciw wzrostowi ciśnienia powyżej dopuszczalnego. Można to zrealizować przez ustawienie na przewodzie powrotnym manometru kontaktowego. Po przekroczeniu ciśnienia w instalacji powyżej dopuszczalnego manometr kontaktowy zamknie obwód elektryczny, powodując przepływ prądu przez elektromagnetyczny przekaźnik ciśnienia. Dalej działanie urządzenia zabezpieczającego będzie takie samo, jak w przypadku poprzednim.

Automatyczne zabezpieczenie przeciw zalaniu wodą pomieszczeń wymaga stosowania nowych przekaźników i regulatorów dotychczas w kraju nie produkowanych. Zabezpieczenie to nie jest jednak niezbędne dla zapewnienia właściwej pracy instalacji c. o., pomimo że byłoby bardzo pożądane w pierwszym okresie eksploatacji sieci. Bardziej celowe wydaje się zwrócenie większej uwagi na zabezpieczenia przeciw wzrostowi ciśnienia, niż na zabezpieczenia przeciw zalaniu wodą pomieszczeń.

5. Zabezpieczenia instalacji podłączonych przez wymienniki ciepła.

Instalacje c. o. podłączone do sieci ciepłowniczej przez wymienniki ciepła powinny posiadać takie same zabezpieczenia, jak instalacje systemu otwartego zasilane z kotłowni indywidualnych, gdyż warunki ich pracy są w zasadzie jednakowe.

W niektórych przypadkach zwłaszcza w starych instalacjach może się zdarzyć, że nie będzie można połączyć naczyń wzbiorczego bezpośrednio z wymiennikiem. Wówczas przy zamknięciu zaworów na przewodzie zasilającym i powrotnym w obiegu wtórnym, przrost objętości wody wskutek dalszego nagrzewania może spowodować uszkodzenie wymiennika ciepła. Dla zabezpieczenia wymiennika w tym przypadku należy ustawić zawór bezpieczeństwa. Przekrój wylotu zaworu bezpieczeństwa nie ma praktycznego znaczenia.

6. Obliczanie zaworów bezpieczeństwa.

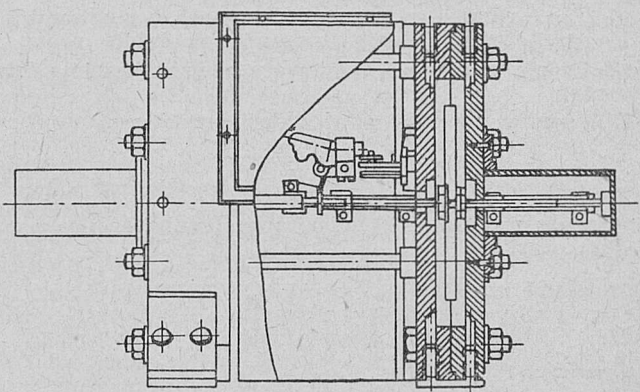
Wzory na obliczanie zaworów bezpieczeństwa dla instalacji c. o. wyprowadzone w literaturze (Skryckij — Kontrol i awtomatika sistem tie-płosnabženija; Ganieś — Promyszlennaja Enier-gietyka nr 10 z 1951 r.) nie są podane w formie nadającej się do stosowania lub są oparte na nieścisłych założeniach.

Wzór wyprowadzony przez Skryckiego jest słuszny, jednak nie podaje jaką wartość należy podstawić na przepływ wody przez zawór bezpieczeństwa. Inaczej określając, nie wiadomo, na jaki przepływ wody należy obliczać przekrój wylotu zaworu bezpieczeństwa.

We wzorze wyprowadzonym przez Ganieśa założono, że ciśnienie w sieci przed węzłem cieplnym w budynku jest stałe. Tymczasem ciśnienie to zwłaszcza w wypadku awarii zmienia się w znacznych granicach. Poza tym Ganieś nie oblicza zaworu bezpieczeństwa na wypływ pary i wody lecz tylko pary.

W związku z tym wyprowadzono wzór na obliczenie zaworów bezpieczeństwa, który w każdym przypadku zabezpiecza instalacje c. o. przed wzrostem ciśnienia powyżej dopuszczalnego.

Zasadniczym założeniem przy wyprowadzeniu tego wzoru jest przyjęcie, że w przypadku awarii ciśnienie, jakie będzie panowało przed instalacją c. o. będzie równe ciśnieniu panującemu za pompami obiegowymi w źródle ciepła, zmniejszonemu o wysokość terenu, na którym znajduje się dany budynek z zabezpieczoną instalacją.



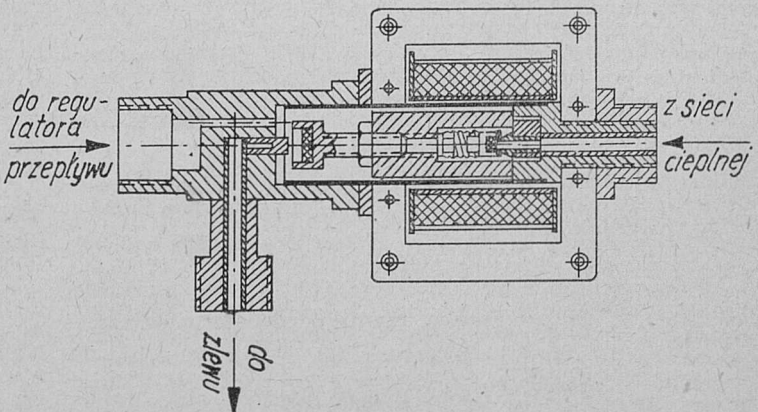
Rys. 9 — Przekaźnik awarii.

Obliczone przy tym założeniu zawory bezpieczeństwa będą przy najczęstszym możliwych awariach nieco przedymensjonowane. Jednakże będą wystarczające, nawet gdyby do sieci dołączona była tylko jedna instalacja wg systemu bezpośredniego przy pracujących pompach obiegowych i zamkniętym zaworze na przewodzie powrotnym.

Biorąc pod uwagę fakt, że zawór bezpieczeństwa jest tani elementem i musi zabezpieczać instalację, w każdym przypadku przyjęte założenie należy uznać za słuszne.

Zawór bezpieczeństwa ma za zadanie wypuszczenie wody o temp. powyżej 100°C. W związku z tym przelot jego musi być obliczony na wypuszczenie pewnej ilości wody o temp. 100°C i wytworzonej pary wtórnej.

Ponieważ objętość pary jest znacznie większa niż wody, zawór bezpieczeństwa powinien być obliczony przede wszystkim dla wypuszczenia pary.



Rys. 10 — Elektromagnetyczny przekaźnik ciśnienia.

Dla wyprowadzenia wzoru na przełot zaworu bezpieczeństwa przyjęto następujące oznaczenia:

- d — średnica zaworu bezpieczeństwa w cm,
 h — skok grzybka zaworu bezpiecz. w cm,
 G_0 — obliczeniowy przepływ wody pierwotnej (z sieci ciepłowniczej) w kg/h,
 G_1 — ilość wody, którą powinien przepuścić zawór bezpieczeństwa w kg/h,
 P_1 — ciśnienie na kolektorze zasilającym źródła ciepła w kg/cm²,
 P_2 — ciśnienie w przewodzie zasilającym przed węzłem cieplnym budynku w kg/cm²,
 P_3 — ciśnienie w miejscu podłączenia zaworu bezpieczeństwa w kg/cm².
 Przy podłączeniu przez hydroelewator można przyjąć P_3 , jako ciśnienie w przewodzie powrotnym w węźle.
 P_d — ciśnienie dopuszczalne dla instalacji c. o. w kg/cm²,
 t_z i t_p — temperatury wody na zasilaniu i powrocie z instalacji w °C,
 a — stała oporów wężla cieplnego kg h/m³,
 i — entalpia pary w kcal/kg,
 H — różnica w wysokości rzędnych usytuowania budynku i pomp obiegowych w źródle ciepła.

Obliczenie przekroju wylotowego zaworu bezpieczeństwa dla pary.

Obliczeniowy dopływ wody z sieci zewnętrznej

$$G_0 = a \sqrt{P_2 - P_3} \quad (1)$$

Ilość wody wypuszczonej przez zawór bezpieczeństwa w wypadku awarii.

$$G_1 = a \sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - P_d} \quad (2)$$

Ze wzorów 1 i 2

$$G_1 = G_0 \frac{\sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - P_d}}{\sqrt{P_2 - P_3}} \quad (3)$$

Ilość wytwarzanej pary przy wypuszczaniu z sieci wody o wysokiej temperaturze

$$D = \frac{G_1 (t_z - 100)}{i - 100} \quad (4)$$

Podstawiając do znanego wzoru na obliczenie zaworów bezpieczeństwa dla kotłów parowych

$$d \cdot h = 0,00735 \frac{D}{P} \quad (5)$$

wartości $i = 640 \text{ kcal/kg}$, $G_0 = \frac{Q}{t_z - t_p}$

i wartość D ze wzoru 4, z uwzględnieniem wartości G_1 ze wzoru 3, otrzymamy:

$$dh = 0,000014 Q \frac{(t_z - 100) \sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - P_d}}{(t_z - t_p) (P_d + 1) \sqrt{P_2 - P_3}} \quad (6)$$

Obliczenie przekroju wylotowego zaworu bezpieczeństwa dla wody. Przekrój wylotowy zaworu bezpieczeństwa określa się z warunków przepływu

$$G_1 = a F v \quad (7)$$

podstawiając do powyższego wzoru odpowiednie wartości otrzymamy:

$$10\,000 G = \pi d h a v \sqrt{2 g P_d 103600} \quad (8)$$

Ilość wody do usunięcia przez zawór bezpieczeństwa

$$G_1 = G_0 \left(1 - \frac{t_z - 100}{i - 100} \right) = \frac{Q}{t_z - t_p} \left(1 - \frac{t_z - 100}{i - 100} \right) \quad (9)$$

Przekształcając odpowiednio wzór 8 i podstawiając do niego wartość ze wzoru 3, z uwzględnieniem wartości G_1 ze wzoru 9 oraz $i = 640 \text{ kcal/h}$ otrzymamy:

$$dh = 0,000074 \frac{Q \sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - P_d}}{(t_z - t_p) \sqrt{P_2 - P_3} \sqrt{P_d}} \quad (10)$$

Konieczny przekrój wylotu zaworu bezpieczeństwa będzie równy sumie przekrojów wyliczonych ze wzorów 6 i 10.

$$dh = \frac{Q \sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - P_d}}{t_z - t_p \sqrt{P_2 - P_3}} \left[\frac{14(t_z - 100)}{P_d + 1} + \frac{74}{\sqrt{P_d}} \left(1 + \frac{t_z - 100}{540} \right) \right] \quad (11)$$

gdzie Q w kcal/h.

Wartość oporów przepływu w zaworze bezpieczeństwa i przewodzie odprowadzającym wodę do zlewu można pominąć, przyjmując średnicę tego przewodu o 25% większą od średnicy zaworu bezpieczeństwa. Tylko w specjalnych wypadkach, gdy mieszanina wody i pary odprowadzona jest na większe odległości lub dużą wysokość, należy uwzględnić opory przepływu przez przewód odprowadzający.

Dla normalnych warunków pracy instalacji c. o., tj. przy ciśnieniu dopuszczalnym dla instalacji 4,5 atn, $t_z = 150^\circ\text{C}$ i $t_p = 70^\circ\text{C}$ wzór 11 przyjmie postać

$$d \cdot h = 2 Q \frac{\sqrt{P_1 - \frac{H}{10} - 4,5}}{\sqrt{P_2 - P_3}} \text{ cm}^2 \quad (12)$$

Powyższy wzór jest łatwy do stosowania, gdyż wartości P_1 , P_2 , P_3 i H można bez trudności odczytać z wykresu piezometrycznego.

7. WNIOSKI

1. Instalacje c. o. podłączone wg systemu bezpośredniego do sieci ciepłych, w których ciśnienie za pompami obiegowymi jest wyższe od dopuszczalnego dla danej instalacji, muszą być wyposażone w urządzenia zabezpieczające przed wzrostem ciśnienia.

2. W pierwszych latach eksploatacji sieci, ze względu na brak doświadczeń eksploatacyjnych, pożądane jest zastosowanie podwójnych zabezpieczeń przed wyłączeniem instalacji z sieci zewnętrznej oraz zawór bezpieczeństwa.

3. W przypadku braku odpowiednich urządzeń (przełączników, zaworów regulacyjnych) umożliwiających zastosowanie zabezpieczeń przez wyłączenie — dopuszczalne jest zabezpieczenie instalacji tylko za pomocą zaworów bezpieczeństwa.

4. Najczęściej używane zasuwki i zawory powinny być zabezpieczone w ten sposób, aby przy wyłączaniu odcinka sieci lub instalacji możliwe było zamknięcie najpierw zaworu na przewodzie zasilającym, a później na powrotnym. Przy włączaniu natomiast powinno być możliwe otwieranie najpierw zaworu na przewodzie powrotnym, a później na zasilającym.

5. Instalacje w budynkach usytuowanych w miejscu, gdzie ciśnienie hydrostatyczne w sieci jest wyższe od ciśnienia dopuszczalnego dla danej instalacji, należy podłączać przez wymienniki ciepła.

6. W przypadku, gdy ciśnienie hydrostatyczne w instalacji jest wyższe od ciśnienia w przewodzie powrotnym sieci w miejscu podłączenia — instalacja powinna być zabezpieczana przed opróżnieniem za pomocą regulatora ciśnienia, a wobec braku tego — przy pomocy diafragmy.

7. Instalacje, w których ciśnienie hydrostatyczne jest wyższe od ciśnienia hydrostatycznego w sieci — należy podłączać przez wymienniki ciepła.

Literatura

1. C. F. Kopiew — Tiepłosnabżenie
2. C. F. Kopiew — Tiepłofikacija, Tiepłopotrieblenje, tiepłowye sieti.
3. L. A. Mielentiew — Rukowodiaszczije ukazanija po rieżimam eksploatacji tiepłofikacjonnych sistem.
4. A. J. Orłow — Tiepłosnabżenie i wientilacija.
5. E. J. Sokołow — Tiepłowye sieti.
6. W. K. Diuskin — Rukowodiaszczije ukazanija po projektowaniu tiepłowych sietiey.
7. A. P. Safonow — Awtomatizieskije regulatory na tiepłofikacjonnych wwodach.

8. L. G. Skrickij — Kontrol i awtomatika sistem tiepłosnabżenija.
9. E. J. Sokołow 1 M. G. Szpiejer — Eksploatacja tiepłowych sietiey.
10. Tiechniceskije problemy tiepłofikacji. Zbiór artykułów i wykładów wyd. C. E. J.
11. Promyszlennaja eniergetika nr 10 z 1951 r.
12. Eksploatacjonnaja instrukcija nr 57/32, po obsłużiwaniu awtoriegulatorow na tiepłofikacjonnych wwodach tiepłosieti Moseniergo. Wydawnictwo Ministerstwa Elektrowni ZSRR.
13. Instrukcija po eksploatacji abonentskogo wwoda tiepłosietia dla sistem otopenija s elevatorom. Wyd. Ministerstwa Elektrowni ZSRR.

inż. KAZIMIERZ BAJER

O właściwą eksploatację i kontrolę oczyszczalni ścieków

(Artykuł dyskusyjny)

Oczyszczanie ścieków tak gospodarczych, jak i przemysłowych, jest złożonym procesem technologicznym, uzależnionym od stopnia stężenia i rodzaju ścieków oraz od metody ich oczyszczania, która ma na celu — wg wymagań odpowiednich ustaw — doprowadzenie ścieków do stanu nieszkodliwego dla odbiornika. Dlatego też eksploatacja oczyszczalni i poszczególnych jej elementów wymaga dokładnej znajomości tych wszystkich procesów oraz fachowej umiejętności kierowania nimi. W przeciwnym bowiem wypadku ani właściwe pod względem technicznym zaprojektowanie, ani solidne wykonawstwo nie dadzą dobrych rezultatów, a ponadto w krótkim czasie, właśnie wskutek złej eksploatacji, można doprowadzić do częściowej lub kompletnej niezdadności urządzeń.

Ogólnie znaną bolączką naszych oczyszczalni ścieków jest właśnie brak obsługi fachowej w pełnym tego słowa znaczeniu. Stan taki znalazł też swoje odzwierciedlenie między innymi w konferencji w PKPG w dniu 18.II.1954 r. (Główna Komisja Oceny Projektów Inwestycyjnych) w sprawie oczyszczania ścieków. Na konferencji został wysunięty wniosek związany z działalnością Instytutu Gospodarki Komunalnej: „zorganizować szkolenie specjalistów robotników, majstrów, techników i inżynierów dla obsługi oczyszczalni ścieków”. Ponadto uzupełnieniem konferencji w PKPG była konferencja w WKPG — Wrocław w dniu 20.III.1954 r., na której przyjęto wniosek długofalowy: „szkolenie kadr nowych i prawidłowe wykorzystanie istniejących”. Sformułowano jeszcze wnioski krótkofalowe, a między innymi: „ustalenie w każdym zakładzie osób odpowiedzialnych za prawidłowe oczyszczanie ścieków”.

Z tym brakiem przeszkolonego personelu liczy się nieraz eksploatacja, b. często inwestor, a z reguły biuro projektowe, które z góry zakładając niewłaściwy sposób nadzoru stara się projektować oczyszczalnię złożoną z najprostszych elementów, najłatwiejszych w obsłudze, nawet czasem kosztem pełnej i najbardziej skutecznej ich funkcjonalności.

Problem ten nabiera szczególnego znaczenia obecnie, gdy ustawy wodne i przepisy sanitarne pilnie przestrzegają należytego stopnia oczyszczania, chronią nasze rzeki i strumyki przed zamianą ich na rowy ściekowe. Ale miną się z celem wszystkie wysiłki, jeśli nie będą spełnione dwa zasadnicze warunki:

1. dobre przeszkolenie świadomego swoich funkcji personelu obsługującego oczyszczalnię,
2. utrzymywanie właściwej, systematycznej i fachowej kontroli oczyszczalni.

Te dwa postulaty odnoszą się do wszelkiego rodzaju i wielkości oczyszczalni miejskich i przemysłowych. Kierownictwo oczyszczalni miejskich podchodzi bardziej rzeczowo do zagadnienia konieczności dobrego oczyszczania, gdyż to stanowi ich cykl produkcyjny, natomiast oczyszczalnie przemysłowe na terenie zakładów uważa się za dodatkowe obciążenie, b. niewygodne, do którego przykłada się uwagi tylko o tyle, o ile to jest konieczne dla pozornego funkcjonowania i choć zewnętrznego zaspokojenia żądań stacji sanitarno-epidemiologicznych. Oczyszczalniami (małymi) osiedlowymi przeważnie nikt się nie zajmuje, funkcjonują „samoistnie” lub — najczęściej — nie funkcjonują.

Ogólny taki stan posiada oczywiście wyjątki, czasem przykładowe, ale potwierdzają one niestety smutną regułę olbrzy-

miej większości. Wystarczy bowiem obejrzeć choć kilka większych oczyszczalni i porozmawiać z obsługą, by przekonać się, że funkcjonowanie ich nie jest dostateczne.

Oprócz ww. przyczyn złego funkcjonowania oczyszczalni wymienić można dalsze jeszcze powody:

- przeciążenie oczyszczalni,
- brak pełnego wyposażenia w armaturę i sprzęt,
- brak możliwości szybkich remontów itp., co jakkolwiek jest czasem zasadnicze, nie jest zjawiskiem ogólnie występującym i jako takie nie stanowi przedmiotu rozważań niniejszego artykułu.

Straty z takiego stanu rzeczy mogą wyrazić się w:

1. zupełnym lub częściowym zanieczyszczeniu odbiornika,
2. niewłaściwym pod względem rolniczym wykorzystaniu ścieków (np. złe przefermentowanie osadów, błędny sposób dostarczania ścieków na pola irygowane),
3. stworzeniu niebezpieczeństwa zagrażającego życiu ludzkiemu i całości urządzeń (powstanie mieszaniny piorunującej);
4. nadmiernym zużyciu materiałów i środków pomocniczych.

Jak z powyższego wynika, może dojść do niewspółmiernie dużych strat materialnych, a wszelkie nakłady inwestycyjne na ulepszanie i rozbudowę oczyszczalni mogą stać się bezprzedmiotowe.

Kwalifikowaną, dobrze przeszkoloną więc obsługą — jak wyżej przewidziano — muszą być objęte wszystkie oczyszczalnie bez względu na ich wielkość. Nie chodzi przy tym o przesadne zwiększanie obsady czy zatrudnienie tylko wysokokwalifikowanych specjalistów. Takie wymagania, jakkolwiek by podniosły jeszcze znacznie jakość naszych odbiorników i przyczyniły się do rozszerzenia rolniczego wykorzystania ścieków, byłyby jednak przy naszych możliwościach nierealne, zwłaszcza że chodzi o natychmiastową radykalną zmianę. Wydaje się, że postulat konferencji PKPG ujął właściwie zagadnienie. Niestety dotychczas nie ma rezultatów tej akcji. Należałoby więc podnieść ponownie pilność zagadnienia i zorganizować jak najszybciej kursy, przede wszystkim dla pracowników bezpośrednio produkcyjnych. Kursy winny dać nie tylko znajomość poszczególnych obiektów oczyszczalni, i przebieg procesu oczyszczania, ale przede wszystkim zasadę działania poszczególnych obiektów w celu zrozumienia istoty oczyszczania. Dzięki nabyciu tych wiadomości pracownik będzie świadomie kierował oczyszczaniem ścieków i odpowiednio umiejętnie przeciwdziałał z chwilą awarii jakiegoś elementu, czy też przejściowego przeciążenia oczyszczalni.

Jakkolwiek kierownictwo decyduje zasadniczo o całym profilu produkcyjnym, to jednak wskutek obciążenia kierownika oczyszczalni (mowa o dużych jednostkach) i sprawami produkcyjnymi, i szeroką administracją, wpływ na codzienne właściwe funkcjonowanie mają przede wszystkim bezpośrednio produkcyjni pracownicy, od których umiejętności i rzetelności zależy właśnie sprawne funkcjonowanie oczyszczalni. Nie od rzeczy będzie również zobowiązywać zakłady przemysłowe, a szczególnie te, w których są szczególnie trudne do oczyszczenia ścieki, by w interesie ogółu dołożyły wszystkich starań w kierunku racjonalnej opieki nad urządzeniami oczyszczającymi.

Przeszkolenie pracowników oczyszczalni ścieków może mieć różny charakter organizacyjny, administracyjny, jak również różnie ujęty program, gwarantujący jednak należyty skutek. Oczywiście, że szkoleniem winni być objęci przede wszystkim pracownicy już zatrudnieni, z praktyką, a także z kwalifikacjami umożliwiającymi praktyczne nabywanie niezbędnych wiadomości potrzebnych do świadomego spełniania powierzonych funkcji. Czas kursów musi być ograniczony możliwością wchłonięcia potrzebnego zasobu wiadomości, oczywiście ilościowo współmiernego do potrzeb, podawanych w nawiązaniu do konkretnej praktyki zawodowej. Zorganizowanie takich kursów nie jest sprawą specjalnie trudną ani kosztowną. Ważnym czynnikiem każdej produkcji, szczególnie mogącej zagrażać zdrowiu zbiorowemu (jakim jest zanieczyszczanie odbiorników), jest kontrola.

Wydaje się pewne, że „ustalenie w każdym zakładzie osób odpowiedzialnych za prawidłowe oczyszczanie ścieków“, jak chce tego regulamin WKPG Wrocław, nie rozwiąże w całości problemu kontroli, ponieważ interes zakładu eksploatującego oczyszczalnię może czasem przesłonić dobro ogółu, wyrażające się w odpowiednim oczyszczeniu ścieków. Dlatego też konieczna jest kontrola zewnętrzna, kontrola całości oczyszczalni i oddzielnych jej elementów. Kontrola winna obejmować:

- 1) ilość ścieków wchodzących do poszczególnych elementów oczyszczalni,
- 2) ilość otrzymanego przefermentowanego osadu,
- 3) zużycie energii elektrycznej, zapotrzebowanie powietrza, pary i gorącej wody,
- 4) efekt pracy oczyszczalni na podstawie analiz chemiczno-bakteriologicznych ścieków oczyszczonych,
- 5) przyczyny ewentualnego niewłaściwego sposobu eksploatacji,
- 6) sposoby poprawy warunków oczyszczania.

Dotychczasową kontrolę sprawują Wojewódzkie Stacje Sanitarne-Epidemiologiczne, które przez dokonywane analizy stwierdzają skuteczność oczyszczania, oraz wojewódzki względnie miejski inspektor ochrony wód w zakresie podanym w zarządzeniu Ministra Gospodarki Komunalnej z dnia 29.X.1954 r. Dla spełnienia wymienianych w punktach 3, 5, 6 czynności jest konieczne stworzenie przy Woj.

Stacjach Sanitarne-Epidemiologicznych etatu kontrolera w osobie inżyniera sanitarnego, dobrego fachowca teoretyka i praktyka. W ten sposób powstałaby ścisła współzależność pomiędzy laboratoryjnymi badaniami jakości oczyszczanych ścieków a oględzinami stanu technicznego elementów oczyszczalni, co by pozwoliło na właściwe wyciąganie wniosków zmierzających do poprawy stanu istniejącego. To wzajemne powiązanie powinno niewątpliwie przynieść pożądany rezultat i położyć wreszcie kres takiemu paradoksowi, że nie liczone nasze oczyszczalnie ścieków z powodu nieumiejętności w nadzorze eksploatacji stale pogarszają i tak opłakany stan naszych odbiorników.

Wnioski

1. Stan istniejących oczyszczalni dla ścieków gospodarczych i przemysłowych oraz sposób ich eksploatacji wymaga natychmiastowej radykalnej zmiany celem zapobieżenia stałemu pogarszaniu się stanu rzek i strumyków oraz zdrowotności okolic nad nimi położonych.
2. W związku z punktem 1 staje się aktualne i pilne jak najszybsze wprowadzenie w życie postulatów konferencji PKPG w sprawie zorganizowania szkolenia specjalistów robotników, majstrów, techników i inżynierów dla obsługi oczyszczalni ścieków.
3. Przez właściwą eksploatację oczyszczalni zaoszczędzić cenny materiał nawozowy dostarczany w różnych formach, a ponadto zmniejszyć się koszty własne.
4. Nałożyć na zakłady materialną odpowiedzialność za niewykonywanie zarządzeń w sprawie właściwej eksploatacji oczyszczalni.
5. Zobowiązać odpowiednie resorty do bezwzględnego finansowania koniecznych napraw i ulepszeń oczyszczalni w podległych sobie zakładach.
6. Zorganizować sprężystą kontrolę poprzez stworzenie etatu inżyniera sanitarnego przy Woj. Stacjach Sanitarne-Epidemiologicznych, kontrolującego stale stan oczyszczalni i pomagającego do usuwania braków przez fachową opiekę i radę.
7. Celem szybkiego wypełnienia powyższych postulatów wyznaczyć specjalną komisję do bezwzględnego opracowania programu szkolenia i instrukcji o kontroli oczyszczalni ścieków.

Prof. ZYGMUNT RUDOLF
Dział Techniki Sanitarnej
Instytutu Gospodarki Komunalnej

Technika sanitarna jako wyraz troski o człowieka

Wstęp

Jesteśmy w okresie realizacji ostatniego roku 6-letniego planu inwestycyjnego, w pracach naszych zdobyliśmy już pewne doświadczenie; trzeba wzmocnić organizację w technice oraz nasze wysiłki, aby lepiej, taniej i prędzej wykonać następny plan pięcioletni. Będzie to możliwe i w technice sanitarnej tylko wtedy, jeśli, pracując na różnych terenach, pójdziemy szybko drogą postępu technicznego, uświadamiając sobie fakt, iż nasza praca, zmierzająca do należytego wyposażenia miast i przemysłu w urządzenia sanitarne, wynika z konieczności właściwej obsługi ludności, a więc z troski o człowieka pracy, co jest zasadniczym prawem w ustroju socjalistycznym, którego wzorem jest Związek Radziecki.

Trochę historii i wnioski

Kapitalizm w pierwszym okresie swego rozwoju nie wniósł do miast pod względem wyposażenia nic więcej, co już było w okresie feudalizmu. Poszczególne elementy tego wyposażenia rosły stopniowo, miały one jednak charakter pojedynczy i fragmentaryczny. Najlepiej rozwijały się wodociągi, ale liczone je tylko na jednostki. W starożytności budowano już urządzenia, które doczekały naszej ery. Wraz z upadkiem Rzymu upadł stan sanitarny miast, a w ślad za tym nastąpił szereg epidemii, które pochłonęły liczne ofiary, wyludniając miasta. Stopniowo nastąpił zwrot w budownic-

twie i przystąpiono znów do budowy odpowiednich urządzeń techniczno-sanitarnych.

W Rosji pierwszy wodociąg powstał w r. 1114 na Zamku Jarosława w Nowogrodzie; w r. 1492 na Kremlu moskiewskim ułożono rurociągi grawitacyjny. W Polsce pierwszy wodociąg powstał w r. 1272 we Wrocławiu, w r. 1282 doprowadzono wodę do klasztoru w Poznaniu kanałem z Warty; w r. 1286 wybudowano kanał z rzeki Rudawy dla zaopatrzenia w wodę klasztoru w Mydlnikach pod Krakowem. Dalszy rozwój wodociągów w Polsce przypadł na wieki XV i XVI, znaczny zaś rozkwit związany jest z imieniem Mikołaja Kopernika. Do najstarszych wodociągów Europy zachodniej zalicza się wodociąg w Londynie, powstałe w XVI wieku; dostarczono tu wodę tylko do niektórych domów mieszkalnych rurami ołowianymi, były też wieże ciśnieniowe (z wietrznymi silnikami i konnym napędem). Do wodociągów, powstałych w miastach Europy zachodniej jeszcze w wiekach średnich, doszły w okresie od XVII do XVIII wieku wodociągi w USA: w Bostonie (1652) źródłany, grawitacyjny, w Betlejemie (1754) pompowy z rurami drewnianymi. Pierwszy wodociąg z pompami parowymi zjawiał się w Londynie w r. 1775. Do początku XIX wieku w miastach amerykańskich było jednak zaledwie 16 wodociągów, w Europie zachodniej — 21. Wodociągi te obsługiwały tylko centralne instytucje, większe nieruchomości i rezydencje tytułowych osób. Jednak szybki wzrost miast na świecie w końcu XVIII i na początku XIX wieku, związany z roz-

wojem kapitalistycznego przemysłu maszynowego, postawił ostrzej sprawę rozwoju podstawowych elementów wyposażenia miejskiego; w pierwszym rzędzie — zagadnienie wodociągów, gdyż zakłady przemysłowe potrzebowały gwałtownie wody do swej produkcji. Znacznie później i to pod naciskiem epidemii cholery zaczął się rozwój kanalizacji. Kanalizacja w Polsce datuje się od końca XVIII wieku, chociaż kanalizację częściową już w XIV i XV wieku posiadało szereg miast: Kazimierz, Kraków, Lublin, Płock, Poznań, Warszawa i inne.

Do początku XIX wieku usuwanie nieczystości płynnych w miastach odbywało się w otwartych urządzeniach (np. w Paryżu w. XV, w Anglii r. 1531). Zaopatrzenie w wodę odbywało się ze studzien i zbiorników, częściowo przy pomocy wietrznych silników i konnego napędu.

W okresie po r. 1800 notujemy zastosowanie rur żeliwnych do wodociągów w Londynie (1804), pierwsze wodociągowe (Anglia 1824), pola nawadniane do oczyszczania ścieków (Anglia 1830). Rozwój zastosowania w wodociągach maszyn parowych i pomp, a także rur żeliwnych (Liverpool i Manchester 1847, Niżnij Nowgorod 1847, Petersburg 1863); wodociągowe turbinowe (Anglia 1850), kanalizacja systemu rozdzielczego (Hamburg, 1843) i ogólnospławna (Odessa 1878); ciepłownię dla zdalczego ogrzewania (USA 1877), stacja spalania śmieci (Mediolan 1876). Po roku 1880 zastosowano powolne i przyspieszone filtry, kanalizację i oczyszczanie miasta, zaprowadzono śmietniki w Paryżu (1884), stawy rybne do oczyszczania ścieków (Niemcy). W tym czasie rosyjski inżynier Popow wysunął ideę specjalnych urządzeń do oczyszczania ścieków — tzw. aerotanków (osadników powietrznych) — a więc o 30 lat wcześniej, zanim sprawę tę podjęto w USA. W latach dziewięćdziesiątych zastosowano turbiny parowe i pompy do zaopatrzenia w wodę.

Wprowadzono w dziedzinie kanalizacji i oczyszczania ścieków pola filtracyjne (USA—1894), zastosowano ułiczne maszyny do mycia jezdni (Paryż, 1893). W latach po r. 1900 są do zanotowania następujące interesujące fakty: chlorowanie wody (USA—1900, Moskwa — 1912), ozonowanie (dezynfekcja) wody, elektryfikacja i automatyzacja stacji pomp (Niemcy — 1915), biologiczne złoża do oczyszczania ścieków (Manchester — 1902), aerotanki (Lawrence — USA i Manchester 1912), podjęcie sprawy utylizacji odpadków, ulepszone metody oczyszczania ścieków i wykorzystania odpadków, zastosowanie maszyn do zmiatania ulic (Oslo — 1926, Berlin — 1927), wprowadzenie domowych przewodów wewnętrznych do usuwania śmieci z mieszkań.

Zasadniczy przełom w dziedzinie techniki sanitarnej związany jest z okresem, kiedy poznano pierwsze zasady nauk sanitarnych. Dalej przyczyniło się do rozwoju tego działu zastosowanie pomp, rur żeliwnych oraz pary do pompowania. Jednakże właściwy rozwój techniki sanitarnej na świecie nastąpił po r. 1880, związany jest z zastosowaniem mikroskopu i słynnymi odkryciami Pasteura i Kocha w bakteriologii.

Ten krótki i pobieżny przegląd rozwoju urządzeń sanitarnych daje wiele do myślenia i możliwość wysnuć wniosków, wskazuje wyraźnie, że w warunkach kapitalistycznych zastosowanie nowej techniki w zakładach przemysłowych zawsze wyprzedzało zastosowanie tej techniki w gospodarce komunalnej, gdzie kapitał prywatny nie mógł uzyskać tak wielkich dochodów, jak w przemyśle. Można też zauważyć, że im bardziej rozwijały się urządzenia techniczno-sanitarne w miastach kapitalistycznych, tym silniej przejawiał się ich klasowy charakter. Dzielnice robotnicze i przedmieścia, a w miastach kolonialnych — dzielnice z ludnością tubylczą — były z reguły bardzo słabo obsłużone wodociągami, a szczególnie kanalizacją. Widzimy to najlepiej na własnym przykładzie. Stan sanitarny naszych miast i osiedli pozostawiał wiele do życzenia, przed r. 1939 było wprost nie do pomyślenia, aby zostały przeprowadzone większe inwestycje techniczno-sanitarne wszędzie tam, gdzie życie tego wymagało. W okresie tym uwaga władz była skoncentrowana głównie na dzielnicach śródmiejskich z ludnością zamożniejszą, dzielnice zaś peryferyjne (np. w Warszawie, w Łodzi) z ludnością uboższą i przeważnie robotniczą pozostawiono bez technicznej opieki; dzielnice te rozwijały się samorzutnie, dziko i dziś mamy przed sobą zadanie, aby w gospodarce komunalnej te wielkie niedociągnięcia i zaniedbania w wyposażeniu miejskim i osiedlowym jak najprędzej zlikwidować.

Komunalne przedsiębiorstwa w ustroju kapitalistycznym stają się monopolami w swej dziedzinie, ustalają one za

swe usługi wysokie opłaty, które utrudniają korzystanie z usług ze strony nisko uposażonych warstw ludności. Przedsiębiorstwa te były z początku prowadzone w drodze koncesji jako prywatne spółki lub towarzystwa akcyjne. W okresie do końca XIX wieku koncesje coraz bardziej ustępują typowym przedsiębiorstwom miejskim, które dają duże dochody. Nie różniły się one od innych przedsiębiorstw kapitalistycznych, biorą one udział na równi z innymi w wyzysku pracujących. Umieszczenie przedsiębiorstw oddawało w ręce miasta przedsiębiorstwa usługowe w stanie zupełnego zużycia urządzeń, do tego przyczyniał się kapitał, który uzależniał od siebie całkowicie prywatne przedsiębiorstwa, ciągnął z nich jak największe zyski i doprowadzał je do dewastacji.

Z rozważań tych wynika, że jedyną siłą, która przekazuje przedsiębiorstwa techniki sanitarnej do dyspozycji miast, zmusiła je do tego, aby w swej działalności brały przede wszystkim pod uwagę interes pracujących, zaspokajając ich życiowe potrzeby, było stworzenie państwa socjalistycznego. Idziemy za przykładem Związku Radzieckiego, budujemy socjalizm, nasze przedsiębiorstwa usługowe w zakresie techniki sanitarnej są nastawione jedynie na należytą obsługę świata pracy.

Najważniejsze zadania techniki sanitarnej

Obowiązki, które ciążyą na obecnym pokoleniu polskich inżynierów i techników, są ogromne, bowiem trzeba zlikwidować wielkie i liczne zaniedbania i w dziedzinie techniki sanitarnej, powstałe za czasów kapitalistycznych. Z tego okresu natujemy w Polsce duże dysproporcje w zaopatrzeniu techniczno-sanitarnym. Pewne wyrównanie tych dysproporcji stało się problemem dojrzałym do rozwiązania już w okresie 6-letniego planu budowy podstaw socjalizmu, ale można się spodziewać, że dopiero nasz najbliższy 5-letni plan rozwiąże wiele zagadnień, dając ludności w szerszym zakresie podniesienie dobrobytu sanitarnego.

Na I Kongres Nauki Polskiej w r. 1951 dałem definicję techniki sanitarnej, która wynika z głębi naszego życia państwowego, a mianowicie:

„Technika sanitarna jest to nauka o metodzie i środkach zapewnienia jak najzdrowszych warunków bytowania szerokich warstw ludności drogą badania otoczenia człowieka i rozwoju budownictwa sanitarnego“.

Taka definicja obca była Polsce kapitalistycznej, mogła powstać, za przykładem Związku Radzieckiego, tylko w Polsce Ludowej, gdzie technika sanitarna jest na usługach świata pracy. A jak wygląda realizacja postulatów wynikających z tej definicji? Zaczniemy od problemu najważniejszego, tj. kształcenia kadr w dziedzinie techniki sanitarnej.

Podlegający resortowi Gospodarki Komunalnej Instytut GK, posiadający w swym składzie Dział Techniki Sanitarnej, dąży przede wszystkim do stworzenia doświadczalnictwa i w pracach naukowo-badawczych zmierza głównie do unowocześnienia systemów i typów urządzeń komunalnych, w związku z ogólnym postępem technicznym, z uwzględnieniem założeń pełnej ich ekonomiki w dziedzinie wodociągów i kanalizacji, oczyszczania miast oraz innych urządzeń techniczno-sanitarnych. Niewątpliwie prace naszych zakładów naukowo-badawczych powinny pójść zasadniczo po linii ochrony wód, gleby i powietrza przed zanieczyszczeniem, gdyż właściwie całokształt zagadnień mających na celu ochronę otoczenia człowieka przed zanieczyszczeniem, jest głównym zadaniem techniki sanitarnej, która służy człowiekowi pracy we wszystkich okresach jego życia. Powyższe prowadzi do uznania potrzeby badania środowiska człowieka pod względem fizycznym, chemicznym i biologicznym, do ustalenia wszelkich rodzajów zanieczyszczenia i ich szkodliwego działania oraz właściwych metod technicznych i narzędzi do zwalczania zanieczyszczeń.

Wzorując się na Związku Radzieckim stwierdzić trzeba, że 5-letnie plany inwestycyjne ZSRR wysunęły szereg zasadniczych postulatów, zmierzających do podniesienia zdrowotności tego kraju. W planach tych znalazły odpowiednie uwzględnienie i zagadnienia techniczno-sanitarne. W dyrektywach XIX Zjazdu Partii w sprawie piętego 5-letniego planu rozwoju ZSRR na lata 1951—1955 czytamy m. inn.: „Jednocześnie z realizacją wielkiego programu budownictwa mieszkaniowego prowadzone będą zakrojone na szeroką skalę prace w dziedzinie dalszego ulepszenia urządzeń komunalnych i poprawy obsługi ludności — rozszerzenia sieci

wodociągowej i kanalizacyjnej, ciepłotekacji i gazyfikacji domów, w dziedzinie rozszerzenia komunikacji miejskiej oraz urządzeń komunalnych w miastach i osiedlach robotniczych“.

Technika sanitarna w Polsce może stąd czerpać nie tylko wiedzę i doświadczenia, ale uzyskać silny bodziec do pracy i wykonania naszych planów w zakresie urządzeń techniczno-sanitarnych, obsługujących szerokie masy ludności. Polska po wojnie idzie za przykładem ZSRR — toteż stwierdziliśmy już poprzednio poważne osiągnięcia i coraz szerzej zakrojone plany rozwojowe. W pracach techniki sanitarnej w Polsce istnieje już współpraca wyższych uczelni i instytutów z Polską Akademią Nauk (Komitet Gospodarki Wodnej i Komitet Inżynierii Lądowej) oraz z Naczelną Organizacją Techniczną, w której ramach działa Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Sanitarnych, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Terenów Zielonych.

Wszystkie komórki tego stowarzyszenia oraz jego koła zakładowe są ogniskiem, skąd idzie z dołu praktyczna myśl twórcza, która przechodzi do nauki, aby ją nastawić na codzienne potrzeby człowieka. W tej mierze nasze stowarzyszenie odegrało już, ale musi odegrać jeszcze większą rolę, gdy wszyscy inżynierowie i technicy pracujący na polu techniki sanitarnej w Polsce znajdują się w jego szeregach. Organizacja ta wymaga ze strony nas wszystkich jak największego poparcia, może ona mieć duży wpływ na podniesienie warunków techniczno-sanitarnych bytowania świata pracy, bowiem jej zadaniem jako organizacji społecznej jest podnoszenie poziomu wiedzy naukowo-technicznej, popieranie inicjatywy twórczej, współdziałanie w budowaniu i umacnianiu socjalizmu przez wprowadzenie przodującej techniki i metod racjonalizatorskich, gwarantujących wysoką wydajność, najlepsze warunki i bezpieczeństwo pracy. W pracach tych powinniśmy, starsi i młodsi, wziąć żywy udział, będąc najbliższymi doradcami w naradach wytwórczych zakładów, pomagając racjonalizatorom, nowatorom i wynalazcom, sami pogłębiając stale swą wiedzę teoretyczną i praktyczną. Musimy pomagać w szkoleniu i doszkalanu w zakresie techniki sanitarnej wszędzie, gdzie to jest potrzebne, gdyż wielki rozwój techniki polega nie tylko na kształceniu inżynierów i techników sanitarnych, ale również na upowszechnianiu wiedzy technicznej, do czego jesteśmy wszyscy technicy powołani. W pracach naszych kładźmy duży akcent nie tylko na projektowanie i wykonawstwo, ale także na sprawy eksploatacji urządzeń techniczno-sanitarnych, gdyż dobra eksploatacja decyduje o właściwej obsłudze obywatela. Musimy w Polsce Ludowej wychować dobrego kierownika w dziale techniki sanitarnej, który ma wiedzę, duże poczucie odpowiedzialności i organizacji i potrafi wybitnie usprawnić przedsiębiorstwo, zwiększając efekty pracy i lepiej służąc szerokim masom.

Przez należenie więc i aktywny udział w organizacji branżowej NOT-u wzmacniamy przede wszystkim kadry i przyczyniamy się do tworzenia nowych kadr, a to jest warunek podstawowy dla rozwoju każdej dziedziny, a szczególnie dziedziny tak zaniedbanej z czasów kapitalistycznego ustroju i dziś odradzającej się, której na imię „Technika Sanitarna“; pracownicy naukowcy i fachowcy pracujący na polu techniki sanitarnej w Polsce powinni w jak największym stopniu przyczynić się do tego, aby obowiązki wpływające z podstawowego prawa ekonomicznego socjalizmu, które według Józefa Stalina głosi:

„Istotne cechy i wymogi podstawowego ekonomicznego prawa socjalizmu można byłoby sformułować mniej więcej w następujący sposób: zapewnienie maksymalnego zaspokojenia rosnących potrzeb materialnych i kulturalnych całego społeczeństwa w drodze nieprzerwanego wzrostu i doskonalenia produkcji socjalistycznej na bazie najwyższej techniki“ — były w Polsce jak najszerzej i z głębokim zrozumieniem wykonywane.

Wychodząc z tych założeń pracownicy naukowcy o wykształceniu technicznym z Instytutu Gospodarki Komunalnej założyli koło zakładowe NOT-u, które rozpoczęło już swą działalność.

Właściwe ustosunkowanie się do osiągnięć w dziedzinie wodociągów i kanalizacji oraz innych dziedzin techniki sanitarnej w Polsce zmusza każdego bezstronnego do stwierdzenia, że wykonanie naszych planów inwestycyjnych

w tym zakresie zawdzięcza się wysiłkowi szerokich rzesz pracowników umysłowych i fizycznych. Wysiłek ten stał się możliwy jedynie w ustroju socjalistycznym oraz dzięki wprowadzeniu planowej gospodarki narodowej. Toteż w czasie będzie przypomnieć słowa, wypowiedziane jeszcze w roku 1913 przez Włodzimierza Lenina: „Gdzie okiem rzucić, na każdym kroku napotykamy na zadania, które ludzkość jest w pełni zdolna rozwiązać natychmiast. Na przeszkodzie stoi kapitalizm“.

Konstytucja Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

22.VII.1952

Czytając Konstytucję Polski każdy z nas ma okazję zapoznać się bliżej z jej treścią i może wywnioskować, że dotychczasowe osiągnięcia zostały w rozwoju przez nową Konstytucję utrwalone. Przytoczę tu tylko kilka artykułów i ustępów z naszej Konstytucji, które mają ścisły związek z naszą pracą, aby rozwinąć przed kolegami szerokie horyzonty twórczości technicznej w interesującym nas dziale techniki sanitarnej.

„Polska Rzeczpospolita Ludowa zabezpiecza stały wzrost dobrobytu, zdrowotności i poziomu kulturalnego mas ludowych“.

„Praca jest prawem, obowiązkiem i sprawą honoru każdego obywatela. Pracą swoją, przestrzeganiem dyscypliny pracy, współzawodnictwem pracy i doskonaleniem jej metod lud pracujący miast i wsi wzmacnia siłę i potęgę Ojczyzny, podnosi dobrobyt narodu i przyspiesza całkowite urzeczywistnienie ustroju socjalistycznego“.

„Przodownicy pracy otoczeni są powszechnym szacunkiem narodu“.

„Obywatele Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej mają prawo do ochrony zdrowia oraz do pomocy w razie choroby lub niezdolności do pracy.“

Coraz szerszemu urzeczywistnieniu tego prawa służą m.in.: Rozwój organizowanej przez państwo ochrony zdrowia ludności, rozbudowa urządzeń sanitarnych i podnoszenie stanu zdrowotnego miast i wsi, stałe polepszanie warunków bezpieczeństwa, ochrony i higieny pracy, szeroka akcja zapobiegania chorobom i ich zwalczanie, coraz szersze udostępnienie bezpłatnej pomocy lekarskiej, rozbudowa szpitali, sanatoriów, ambulatoriów, wiejskich ośrodków zdrowia, opieka nad inwalidami“.

„Polska Rzeczpospolita Ludowa dba o wszechstronny rozwój nauki, opartej na dorobku przodującej myśli ludzkiej i postępowej myśli polskiej nauki w służbie narodu“.

„Polska Rzeczpospolita Ludowa szczególną opieką otacza inteligencję twórczą — pracowników nauki, oświaty, literatury i sztuki oraz pionierów postępu technicznego, racjonalizatorów i wynalazców“.

A więc i Konstytucja Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej potwierdza nasze głębokie przekonanie, iż socjalistyczny ustrój społeczny, zdobyty przez Rewolucję Październikową, stwarza niebywałe możliwości dla twórczej pracy.

Prace nasze jako techników idą po drodze wyznaczonej przez podstawowe prawo socjalizmu, zmierzać będą w dalszym ciągu do lepszego wyposażenia miast, osiedli i przemysłu w urządzenia techniczno-sanitarne, w trosce o człowieka pracy. Toteż wielkim bodźcem do działania są dla nas następujące słowa ob. Bolesława Bieruta:

„Dziś, po kilku zaledwie latach naszej gospodarki planowej, mamy już prawo powiedzieć z dumą, że kraj nasz z roku na rok rośnie w siłę. Z roku na rok pomnaża się nasz wkład w dalszy rozrost techniki i nowych sił wytwórczych. Jest to wielki wysiłek, ale wysiłek niezwykle cenny i owocny, bo niezniszczalny, nieprzemijający. Każda złotówka nie wydana lekkomyślnie, lecz przeznaczona na pomnożenie siły wytwórczej kraju, ułatwia i zabezpiecza przystosowanie nowych wartości“.

„Dla nas, ludzi Partii, troska o prostego człowieka, człowieka o zwykłym ale jakże czułym sercu, troska o lepsze jego życie, o lepszy jego los i przyszłość, jest sprawą najświętszą“.

Słowa te są i będą zawsze myślą przewodnią naszej pracy w technice sanitarnej.

Wiadomości praktyczne

O niedomaganiach oczyszczalni „świeżowodnej” i jak temu zaradzić

(Koncepcja i urządzenia zgłoszone do opatentowania do Urz. Patent. P.R.L. dn. 10.XI.1954 r. za 1. p. 79923.)

1. Przyjrzyjmy się rzeczywistości

Technika oczyszczania ścieków nie osiąga zadowalających rezultatów. Braki występują przede wszystkim przy opracowywaniu założeń projektowych i projektowaniu urządzeń oczyszczających. Stopień aktualności tego problemu, z uwagi na stan dużego zanieczyszczenia zbiorników wód powierzchniowych i z uwagi na perspektywy pogłębiania się tego groźnego stanu rzeczy — jest wysoki. W takiej sytuacji wyłania się pilna potrzeba gruntownego przestudiowania zagadnienia w celu znalezienia właściwego rozwiązania.

Coraz wyraźniej zarysowują się widoki stwarzania lepszych podstaw do opracowywania założeń projektowych dla oczyszczalni. Postanowienia rozporządzenia Min. Gosp. Kom. z 2.IX.1950 r. z jednej strony i ożywająca się działalność zmierzająca do ustalania stanów zanieczyszczenia zbiorników wód powierzchniowych i badania ścieków przez powołane do tych celów instytucje — z drugiej strony, mogą uzasadnić budzący się optymizm na tym odcinku.

Mówiąc o projektowaniu urządzeń do oczyszczania, pominiemy drugi stopień oczyszczania (biologiczny, chemiczny), a zajmiemy się bliżej urządzeniami do mechanicznego oczyszczania ścieków przez osadzanie. Czynimy tak dlatego, bo uważamy, że ten wstępny stopień oczyszczania jest najbardziej podstawowym, że osiągnięty tutaj wysoki efekt może w wielu wypadkach wyczerpać zadanie oczyszczalni, a w każdym razie współdecyduje o ostatecznym rezultacie oczyszczalni wielostopniowej. Poza tym ten rodzaj oczyszczalni jest najmniej kosztowny, tak w wykonawstwie jak i w eksploatacji, a przez to najbardziej przystępny.

Dla naświetlenia trudności piętrzących się przed projektantem oczyszczalni posłużymy się przykładem. Na rys. 1 przedstawiono wykres schodkowy dobowego spływu ścieków z zakładu przemysłowego (typu mechanicznego, pracującego na 3 zmiany). Wielkości spływów wyrażono w procentach dobowej ilości ścieków. Przyjmujemy, że na podstawie obliczonej ilości tlenu w odbiorniku i wyników wykonanych prób osadzania ścieków o podobnym składzie — ustalono konieczność zmniejszenia B Z T 5 (np. o 30%) i że taki efekt może być osiągnięty przez prawidłowe osadzanie ścieków w ciągu np. 2 godzin (T). Tak oszczędzone ścieki mogą być wprowadzone do odbiornika.

Potrzebny jest więc osadnik, który posiadałby zdolność przetrzymania każdego litra ścieków przez 2 godziny. Niepożądana jest zmiana T, gdyż zostało ono ściśle ustalone dlatego np., że skrócenie T obniżyłoby stopień oczyszczenia poniżej dopuszczalnego, a zwiększenie T mogłoby narazić ścieki na zagniewanie (np. woda z łaźni o temp. ok. 30°C, wykazująca duże zdolności gnilne nawet po znacznej redukcji zawiesin).

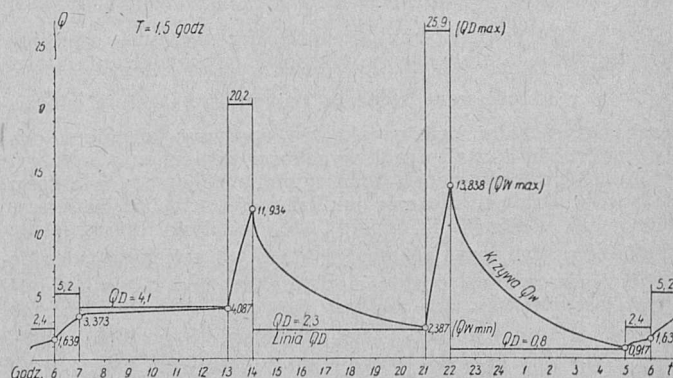
Zaobserwujemy przebieg i skutek oczyszczania na „świeżowodnym” osadniku Imhoffa. Z uwagi na duże różnice nasilenia dopływów (od 0,8 do 25,9, a więc różniące się ponad 32-krotnie) — wyłoni się niepokonalna trudność ustalenia racjonalnej wielkości komory przepływowej. Każdy z wymienionych w wykresie dopływów jednostkowych Q wymaga odnośnej pojemności komory $V = Q \cdot T$ po to, by $T = \text{constans}$, jak to wyżej założono. Tymczasem dysponujemy tylko jedną komorą. Gdy zaprojektujemy pojemność dla jakiegokolwiek wielkości dopływu, warunek $T = \text{constans}$ nie będzie spełniony dla pozostałych wielkości dopływów. Odnośne T będą się w ciągu doby różniły w skrajnych wypadkach aż 32-krotnie. Gdybyśmy ustanowili wielkość komory np. dla $Q_0 = 4,1$ ($V_0 = 4,1 \cdot T$), to przy $Q_1 = 0,8$, rzeczywisty czas osadzania $T_1 = 10,2$ godz., a przy dopływie $Q_n = 25,9$, $T_n = 0,32$ godz. Dla drugiego założenia np. $Q_0 = 7,0$ ($V_0 = 7,0 \cdot T$), przy $Q_1 = 0,8$, $T_1 = 17,5$ godz. i przy $Q_n = 25,9$, $T_n = 0,55$ godz.

Przykład ten unaocznia niedorzeczność pojęcia założeniowego czasu przepływu T w przypadku stosowania zwykłego osadnika przepływowego przy dużej zmienności dopływów. Spotykamy się tu z niedostatecznym osadzaniem

ścieków w za krótkich czasach przepływów i — co gorsza — z dużym niebezpieczeństwem zagniewania ścieków w komorze osadowej, w zbyt długich czasach osadzania. Niebezpieczeństwo zagniewania będzie szczególnie groźne przy wysokiej temperaturze ścieków (z łaźni), lub w wypadkach gdy ścieki dopływają na oczyszczalnię w stanie niezupełnie świeżym. Zjawisko zagniewania związane jest z dużym wzrostem B Z T 5*). Obserwacje w terenie potwierdzają, że wypadki te zachodzą nierzadko. Poznajemy je łatwo po smrodliwych wyciewach oczyszczalni i odpływów. Więc pomimo osiągnięcia dużego stopnia redukcji zawiesin w zbyt długim czasie przebywania ścieków na oczyszczalni i mimo zwiększania się odporności na zagniewanie ścieków sklarowanych — może nastąpić zwiększenie, zamiast projektowanego zmniejszenia B Z T 5. Może nawet zająć wypadek, że mniejsze szkody wyrządzą ścieki surowe skierowane (z pominięciem oczyszczalni) bezpośrednio do odbiornika, niż uczynią to ścieki po przejeździe przez oczyszczalnię.

Omówiony przykład zakładu przemysłowego z wykresem dobowych spływów według rys. 1 wykazuje dużą nierównomierność dopływów. Znacznie łagodniejsze są różnice wielkości dopływów na przykładzie spływów z miasta o zaludnieniu 50-tysięcznym, przytoczonym przez Szyszkińską („Kanalizacje miast”). Ale i tu dopływy różnią się znacznie, bo od 1,0 do 8,33, a przy zalecanej przez zacytowanego autora wielkości komory osadowej $V_0 = 5,6 \cdot T$ i $T = 1,5$ godz. — $T_{\text{max}} = 8,4$ godz. i $T_{\text{min}} = 1,0$ godz. Widzimy więc, że i w tym stosunkowo bardzo łagodnym przebiegu zmian intensywności dopływów — zachodzi zarówno niedostateczne osiadanie (1 godzina zamiast 1,5 godz.) jak i niebezpieczeństwo zagniewania (8,4 godz.).

Aktualne zadania techniki oczyszczania ścieków cechują z reguły bardzo nierównomiernie dopływy. Z opisanych przykładów wynika jednak, że sam zwyczajny osadnik przepływowy nie spełnia podstawowego warunku osadzania ścieków o zmiennych dopływach wykazujących skłonności do zagniewania — bo nie zachowuje czasu przepływu ścieków zgodnie z wymaganiami technologicznymi oczyszczania dla poszczególnych charakterystyk ilościowych i jakościowych dopływających ścieków. Pomimo to, posługujemy się powszechnie — i to nie tylko w skali krajowej — zwyczajnymi osadnikami przepływowymi. Taki stan można wytłumaczyć tylko brakiem lepszego, właściwego urządzenia dla racjonalnego osadzania ścieków.



Rys. 1

2. Koncepcja realizująca warunek $T = \text{constans}$.

Podstawowym warunkiem prawidłowego przebiegu procesu osadzania ścieków jest zachowanie określonego (dla każdorazowych kompleksów okoliczności) czasu przebywania ścieków (T) na oczyszczalni. Warunek $T = \text{constans}$ byłby zachowany w każdym osadniku przepływowym, gdyby dopływ $Q_D = \text{const}$. W rzeczywistości jednak Q_D jest zmienny. Gdybyśmy wprowadzili zmienność zawartości komory przepływowej V w ten sposób, by przy każdym chwilowym dopływie Q_D zawartość komory wynosiła $V = Q_D \cdot T$, to cel byłby osiągnięty. Realizacja takiej koncepcji nie wydaje się jednak przystępna.

* O ile produkty gnica osadu mieszają się ze ściekami. (p. Red.).

W komorze przepływowej osadnika może zachodzić $T = \text{constans}$ wtedy, gdy szybkość przepływu przez komorę $c = \text{constans}$ (przy założeniu niezmienniej długości komory L). Zatem w wypadku $L = \text{constans}$, wyrażenie $c = \text{constans}$ jest równoznaczne z $T = \text{constans}$, bo $T = L \cdot c$.

Z relacji $c = \text{const.} = \frac{Q}{F}$

(gdzie F oznacza powierzchnię przekroju płaszczyzną pionową bryły wody w komorze) wynika, że równocześnie z zachodzącymi zmianami Q , winna się odpowiednio zmieniać

F w ten sposób, by iloraz $\frac{Q}{F}$ miał stale jednakową wartość c . F jest funkcją wielkości napełnienia komory — to znaczy, że $c = \text{constans}$ może być osiągnięta przez wprowadzenie zmienności napełnienia komory. Szybkość przepływu można też wyrazić $c = \frac{L}{T}$, czyli że $\frac{L}{T} = \frac{Q}{F}$, skąd

$$Q = \frac{L \cdot F}{T} = \frac{V}{T} \quad \text{Równanie } Q = \frac{V}{T}$$

oznacza, że każdy chwilowy przepływ Q przez komorę musi być T — tą częścią zawartości komory V w tejże chwili. Stosując w powyższym wzorze czas przepływu przez komorę T jako wielkość stałą, zakładamy tym samym warunek $T = \text{constans}$.

Przy prostokątnym (przykładowo) przekroju komory przepływowej,

$$Q = \frac{L \cdot F}{T} = \frac{L \cdot B \cdot H}{T} \quad \text{gdzie } B$$

oznacza szerokość a H — wysokość napełnienia komory. Wyrazy L , B i T oznaczają wielkości stałe. Tak więc wielkość przepływu Q jest zależna wyłącznie od wielkości napełnienia komory H .

W komorze osadnika o stałej zawartości, (np. osadnika Imhoffa) pojęcia dopływu Q_D , przepływu Q_p i wypływu (albo odpływu) Q_w są identyczne — przy pominięciu objętości opadłego osadu. W przedstawianej tutaj komorze o zmiennym napełnieniu, tylko przepływ Q_p jest identyczny z odpływem Q_w . Na wielkość dopływu nie mamy żadnego wpływu, musimy bowiem przyjmować na oczyszczalni wszystkie dopływy — w ramach wielkości obiektów jakie zaistnieją. Natomiast odpływ $Q_w = Q_p$ będziemy kształtować jak powiedziano, zależnie od wysokości napełnienia komory według relacji $Q_w = \frac{V}{T}$.

Gdy więc wyposażymy komorę przepływową osadnika w urządzenie odpływowe o własności odprowadzania ilości $Q_w = \frac{V}{T}$, to cel nasz zostanie osiągnięty. Ogólnie biorąc, praca oczyszczalni będzie taka, że dopływy, łącznie z odpływami będą kształtowały wysokości napełnienia komory, natomiast poziomy napełnienia komory wyznaczą wielkości odpływów. Odpływ może w jakimś momencie być mniejszy, równy lub większy niż dopływ. Gdy odpływ jest mniejszy od dopływu, wówczas różnica ($Q_D - Q_w$) zwiększa retencję komory tzn. podnosi poziom napełniania. Gdy natomiast odpływ jest większy niż dopływ wówczas ($Q_D - Q_w$) ma wartość ujemną, retencja się zmniejsza a poziom opada. Przy $Q_D = Q_w$ poziom napełnienia nie zmienia się.

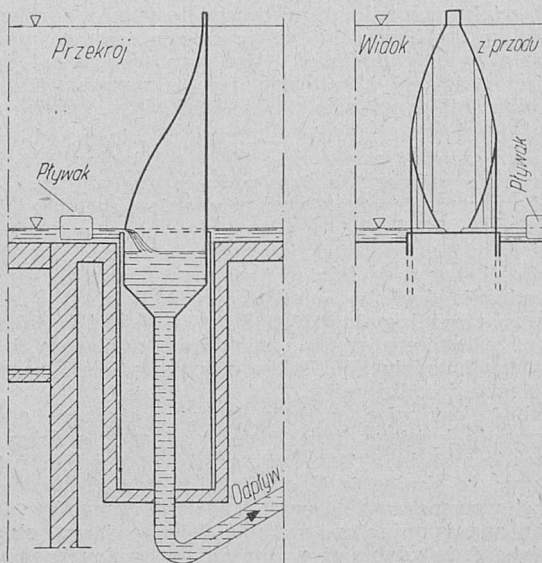
Na rys. 1, przedstawiającym wykres dopływów (identycznych z odpływami) dla uprzednio omawianego przykładu, uwidoczniono również krzywe przebiegów odpływów w wypadku zastosowania do oczyszczalni miarkownika przepływów (odpływów) zgodnie z relacją $Q_w = \frac{V}{T}$, przy $T = 1,5$ godziny. Krzywe te są liniami wykładniczymi, zdążającymi asymptotycznie do wyrównania odpływów z dopływami.

Rzędne tych linii oznaczają wielkości Q_w , a z uwagi na relację $Q_w = \frac{L \cdot B}{T \cdot H}$, są również miarą (stosunkową) wysokości napełnienia komory. Widać z tego, np. że przy końcu największego dopływu (25,9) napełnienie osiąga maksimum (13,838) i że minimum napełnienia występuje o godz. 21 (na wysokości 2,387). Widoczne jest, że odpada tu konieczność „zakładania” wielkości komory, gdyż wielkość ta jest wynikiem obliczania linii przebiegów Q_w . W naszym wypadku wielkość komory $V = T \cdot 13,838$, czyli dla 13,838% dobowej ilości ścieków. W wymienionym wypadku 50-tys. miasta przy $T = 1,5$ godz. $V = T \cdot 7,65$, tj. 7,65% spływów dobowych. Przy zwiększaniu T i zmniejszaniu nierównomierności Q_D — zmniejsza się V i na odwrót.

3. Przykład samoczynnego miarkownika przepływu, realizującego warunek $T = \text{constans}$.

Z uwagi na wymagania technologiczne oczyszczalni, by odpływ miał miejsce w wierzchniej warstwie cieczy, winno urządzenie odpływowe mieć charakter przelewu. Z istoty swej będzie to samoczynny miarkownik przepływu, działający według relacji $Q_p = Q_w = \frac{V}{T}$. Na rys. 2 przedstawiono

przykładowy model przelewu teleskopowego. Przelew ten składa się z dwóch zasadniczych części: 1) cylindra stałego z odpowiednim wykresem płaszcza i połączeniem z odpływem i 2) z cylindra ruchomego w połączeniu z pływakami. Cylinder ruchomy jest zawieszony na pływakach w ten sposób, że zachowana zostaje stała pionowa odległość wierzchu



Rys. 2

walca poniżej zwierciadła cieczy w komorze. W ten sposób zachowana jest stała grubość warstwy przelewowej. Odpowiedni wykrój w rurze stałej, rozszerzający się odpowiednio ku górze, stanowi boczne ograniczenie szerokości przelewu. Tak więc tworzą obydwaj walce jeden przelew o stałej wysokości i tak zmieniającej się szerokości korony, by na każdej wysokości zwierciadła cieczy w komorze odpływ $Q_w = \frac{V}{T}$.

Mgr inż. Aleksander Kubicki

Z prasy zagranicznej

Hydropneumatyczne oczyszczanie przewodów wodociągowych

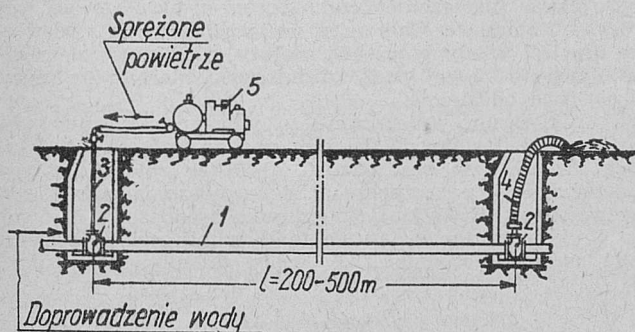
Osady tworzące się na wewnętrznych ściankach przewodów wodociągowych powodują znaczne zmniejszenie czynnych przekrojów rur. W wielu wypadkach zarastanie przewodów jest tak duże, że zachodzi potrzeba instalowania pomp o większej mocy lub wymiany zarośniętych rur na nowe.

Powstające w rurach osady usuwane są na ogół sposobem mechanicznym, rzadko metodami chemicznymi. Wobec trudności związanych z czyszczeniem przewodów wodociągowych stosowanymi dotąd metodami, nie jest ono szeroko stosowane.

Ostatnio w kilku wodociągach kolejowych i komunalnych Związku Radzieckiego został zastosowany stosunkowo prosty, ekonomiczny i skuteczny sposób hydropneumatycznego oczyszczania przewodów wodociągowych.

Schemat hydropneumatycznego oczyszczania pokazany jest na rysunku 1.

Do oczyszczanego przewodu wprowadza się równocześnie sprężone powietrze i wodę. Mieszanina wodno-powietrzna przepływa przez przewód w postaci wodnych „korków” zmieniających się kolejno z pęcherzami powietrza, przy czym średnia prędkość przepływu płuczanej mieszaniny znacznie wzrasta. W przewodach powstają zaburzenia przepływu, uderzenia wody o ścianki rur i duże prędkości miejscowe w punktach przepływu wodnych korków. Powoduje to naruszenie nawet dość ścisłych i wytrzymałych osadów, które po oderwaniu prądem wody zostają wynoszone z rury. Ścisłość powietrza zabezpiecza rury przed skutkami uderzeń hydraulicznych.



Rys. 1. Schemat oczyszczania hydropneumatycznego: 1 — oczyszczany przewód; 2 — podstawa hydrantu, korpus zasuwy; 3 — przewód dla doprowadzenia powietrza; 4 — przewód dla odprowadzenia wody; 5 — sprężarka.

Wszeczwiązkowy Naukowo-Badawczy Instytut Transportu Kolejowego łącznie z Katedrą Wodociągów Moskiewskiego Instytutu Inżynieryjno-Budowlanego przeprowadził szereg prac oczyszczania przewodów wodociągowych sposobem hydropneumatycznym. Przeczyszczono ponad 15 km rur przewodów wodociągowych.

Na jednej ze stacji kolejowych przeczyszczono dwa przewody długości po 1500 m o średnicy 125 mm, zanieczyszczone znacznie osadami żelazistymi, stanowiącymi ścisłą, bezkształtną, ciemnobrunatną masę mocno związaną ze ściankami rury. Na przeczyszczanie obu przewodów zużyto 20,5 godziny (podany czas nie obejmuje prac przygotowawczych). W wyniku przeczyszczania rzeczywista średnica rury wzrosła z 70/80 mm do 115–123 mm, a zdolność przepustowa zwiększyła się średnio o 230%.

W Kaliningradzie przeczyszczono sposobem hydropneumatycznym ponad 11 km rur miejskiej sieci wodociągowej zanieczyszczonych żelazistymi osadami. Zanieczyszczenie było tak duże, że woda dopływała tylko na pierwsze piętra domów, zaopatrzenie wyższych pięter wymagało zainstalowania dodatkowych urządzeń pompowych. Woda była mętna i o nieprzyjemnym zapachu.

Normalne płukanie nie dawało wyniku. Zastosowano czyszczenie hydropneumatyczne. Przy stosunkowo niewielkich nakładach przeczyszczono w ciągu 18 dni pracy całą miejską sieć wodociągową. Ciśnienie w sieci wzrosło śred-

nio o 12 m, a zdolność przepustowa zwiększyła się ponad dwukrotnie.

Charakterystyka hydrauliczna jednego z przewodów o średnicy 125 mm, długości 210 m będącego w eksploatacji przez 25 lat pokazana jest na rysunku 2.

Po oczyszczeniu znikło brunatne zabarwienie i nieprzyjemny zapach wody, przezroczystość była normalna, woda dopływała do górnych pięter budynków. Oczyszczenie sieci dało na wydatkach eksploatacyjnych oszczędność ponad 60.000 rubli rocznie, podczas gdy koszt przeczyszczania wyniósł 5.000 rubli w stosunku rocznym.

Czas wykonania przemycia odcinka przewodu długości 350 m wyniósł średnio 2,5 godziny.

Doświadczenie wykazało, że czyszczenie hydropneumatyczne nie wymaga demontażu przewodu, złożonych prac przygotowawczych, wyłączenia na dłuższy okres przewodu z pracy, ani specjalnych środków ostrożności.

Przeczyszczany przewód dzieli się na odcinki długości 200–500 m rozgranicozone armaturą — hydrant, zasuwa. Do częściowo zdemontowanej armatury, lub na jej miejsce, w jednym końcu odcinka przewodu przyłącza się rurociąg powietrzny z rur stalowych średnicy 25–50 mm, wyposażony w zawór, połączony węzłem z przewoźną sprężarką. Do armatury drugiego końca, lub na jej miejsce, dołącza się króciec z parcianym węzłem dla odprowadzenia mieszaniny wodno-powietrznej i zanieczyszczeń z przewodu.

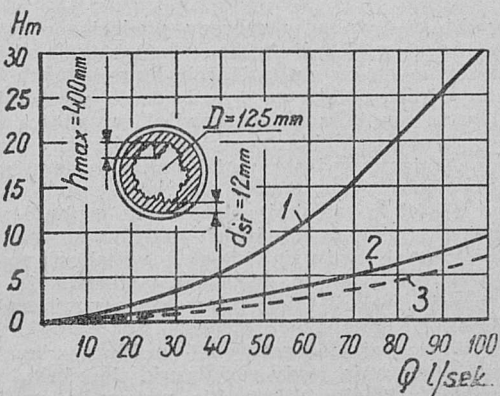
Dla czyszczenia przewodów średnicy 100–150 mm do wprowadzenia sprężonego powietrza i odprowadzenia zanieczyszczonej wody stosować można hydranty przeciwpożarowe bez ich demontażu. Wykorzystanie hydrantów znacznie przyspiesza proces oczyszczania. Przepływ wody przez hydrant daje jednak dość znaczne straty ciśnienia co powoduje nieracjonalne przeciążenie sprężarki i zmniejsza efekt oczyszczania.

Po dołączeniu przewodu powierzchniowego i spustu wody, oczyszczany przewód włącza się do sieci z równoczesnym doprowadzeniem powietrza.

Praktyka wykazała, że dla czyszczenia przewodów średnicy 300–500 mm można stosować sprężarki o wydajności 4,5–9 m³/min i ciśnieniu 5–7 atm.

Najlepsze rezultaty oczyszczania uzyskiwano przy prędkości wody przed wprowadzeniem powietrza 0,8–1,5 m/s i przy objętości powietrza 5–10 razy większej od objętości wody. Lepszy skutek oczyszczania uzyskuje się nie przy ciągłym podawaniu powietrza lecz przy podawaniu okresowym z przerwami 1–2 minutowymi.

Osady są wypłukiwane w postaci mętów i odłamków różnej wielkości. Proces płukania prowadzić należy aż do uzyskania zupełnej przezroczystości wody.



Rys. 2. Hydrauliczna charakterystyka przewodu przed i po oczyszczeniu. 1 — straty ciśnienia przed czyszczeniem; 2 — straty ciśnienia po oczyszczeniu; 3 — obliczeniowe straty ciśnienia.

Dla stwierdzenia skutków przeczyszczania należy zmierzyć przed i po oczyszczeniu ciśnienie i przepływ wody. Wielkość przepływu można ustalić przez pomiar ilości wody wypływającej z rękawa. Praktyka potwierdziła, że sposobem hydropneumatycznym można usunąć prawie wszystkie występujące w rurach osady z wyjątkiem twardych osadów węglanowych.

Koszt przeczyszczenia 1 m przewodu średnicy do 300 mm sposobem hydropneumatycznym wynosi 30 — 40 kop., podczas gdy przy czyszczeniu mechanicznym osiąga 1,5 — 2 ruble, nawet 5 rubli.

Sposobem hydropneumatycznym można czyścić przewody o średnicy od 100 do 500 mm.

Sposób ten może być stosowany także ze skutkiem do płukania nowych przewodów przed oddaniem ich do eksploatacji. Zastosowanie sprężonego powietrza pozwala na przyspieszenie płukania, podniesienie jego skuteczności, na znaczne zmniejszenie ilości zużywanej wody oraz na zwiększenie długości płukanych odcinków przewodu.

Szerokie zastosowanie do płukania nowych przewodów znalazł sposób hydropneumatyczny w miejskich wodociągach Moskwy.

(Opracowano na podstawie artykułu kandydatów nauk I. Karawaiewa i W. Gotowcewa „Gidropniewmatischezskaja proczistka wodoprowodnych sietiej” zamieszczonego w czasopiśmie „Žiliszczno-kommunalnoje chozjajstwo” Nr 8/1954).

mgr. inż. Alfred Kępiński

Eksploatacja klarowników z otworami w dnie

A. Szachow — Eksploatacja oświetlителей s dyrczatom dnom. Žyliszczno-kommunalnoje chozjajstwo nr 8, 1954 r.

Ostatnio coraz szerzej stosowane są w Związku Radzieckim do oczyszczania wody klarowniki. Doświadczenia potwierdzają niewątpliwą celowość zastępowania klarownikami mało wydajnych osadników.

Jednak przy eksploatacji klarowników nie zawsze osiąga się maksymalne prędkości przepływu wody i wymagana jakość jej sklarowania. W związku z tym ciekawe są doświadczenia eksploatacji klarowników uzyskane w kilku wodociągach komunalnych Ukrainy.

Jakość oczyszczonej wody rzecznej charakteryzują podane niżej średnie wskaźniki:

Okres roku	Temperatura wody w stopniach	Koncentracja jonów wodorowych (pH)	Mętność wody mg/l	Zabarwienie w stopniach	Twardość mval/l
lato	+ 23	8,0	10	45	2,7
zima	0	7,8	3	50	3,3
okres wiosennych wzbrań	+ 1	7,7	20	75	2,1

Klarowniki stosowane w szeregu wodociągów komunalnych Ukrainy niewiele różnią się w konstrukcji od klarowników stosowanych w wodociągach komunalnych RSFSR. Zasadnicza różnica polega na tym, że mają one płaskie dno. Pozwala to na zmniejszenie całkowitej wysokości urządzenia i przebudowę na klarowniki istniejących osadników poziomych. Zmieniony jest w nich także system usuwania osadu z przestrzeni nad i pod dziurkowanym dnem. Poza tym w przyjętej konstrukcji klarownika grubość warstwy filtracyjnej zmniejszono do dwóch metrów, wysokość warstwy oczyszczonej wody do 1,5 m i wysokość przestrzeni pod dnem do 0,5 — 0,7 m. Praktyka wykazała, że klarowniki bez komór reakcji i bez mieszaczy pracują całkowicie niezawodnie. Koagulant wprowadza się bezpośrednio do przewodu doprowadzającego wodę do klarownika.

Oddział sklarowania wody rozwiązuje się odpowiednio do planu budynku filtrów. Wszystkie przewody montuje się w centralnej galerii dla dogodniejszej eksploatacji. Niepotrzebne zawieszyny usuwa się grawitacyjnie do zbiornika osadu umieszczonego wewnątrz klarownika. Przekrój zbiornika osadu wykonuje się o wymiarach odpowiadających 7 — 12% całkowitej powierzchni klarownika. Maksymalna odległość między ścianką klarownika i krawędzią zbiornika osadu wynosi 3,5 — 4 m.

Dane eksploatacyjne wykazały, że ekonomiczne zalety klarowników są bardzo znaczne. Zwiększenie prędkości obrotowej do 1 mm/sek. umożliwia niemal dwukrotny wzrost wydajności urządzenia w porównaniu z normalnym

osadzaniem. Poza tym zastosowanie klarowników pozwala na zmniejszenie zużycia koagulanta o 20 — 30%, gdyż lepiej są wykorzystywane adsorpcyjne własności kłaczków warstwy filtracyjnej. Mętność wody po sklarowaniu w klarowniku jest średnio trzy razy mniejsza od mętności wody po osadnikach pracujących w tych samych warunkach.

Doświadczenia potwierdziły, że klarowniki przy prawidłowej eksploatacji pracują zupełnie dobrze i dają zadowalające wyniki oczyszczania wody. Konieczne jest jednak przestrzeganie całego szeregu warunków.

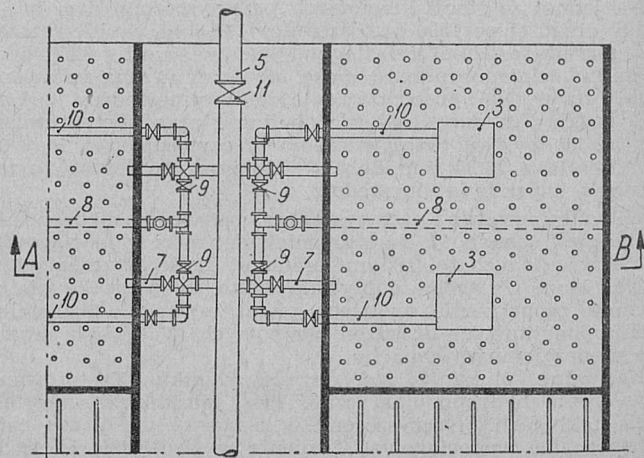
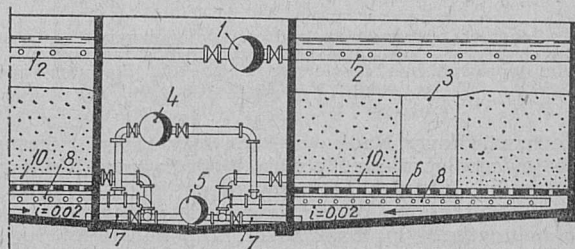
Dla zapewnienia wyraźnej górnej granicy warstwy zawieszonego osadu szybkość podnoszenia się wody w klarowniku powinna wynosić około 1 mm/sek. Przepływ wody przez każdą wydzieloną część klarownika należy mierzyć przy pomocy wodomierza, wyposażonego w przyrząd rejestrujący, umożliwiającego kontrolę równomierności pracy. Do koagulacji stosuje się siarczan glinu.

Dawkę koagulanta określa się doświadczalnie i waha się ona w granicach od 20 do 70 mg/l. Nie należy dopuszczać do przerw w podawaniu koagulanta, gdyż powoduje to niszczenie kłaczków warstwy filtracyjnej. Wprowadzany roztwór koagulanta powinien być starannie przygotowany, nie może zawierać nie rozpuszczonych cząstek o wymiarach powyżej 0,2 — 0,3 mm. Zabezpiecza to rury rozdzielcze przed zatykaniem i ułatwia ich płukanie.

Konieczne jest stosowanie podwójnego chlorowania wody przepływającej przez klarownik. Wprowadzany do klarownika chlor przeciwdziała zagniwaniu części organicznych zawieszin warstwy filtracyjnej, której zdolność wiązania chloru wzrasta stopniowo w związku ze wzrostem w niej zanieczyszczeń organicznych. Dawkę chloru określa się uwzględniając zdolność wiązania chloru przez warstwę filtracyjną. Jeśli zdolność wiązania chloru przewyższa 2 mg/l osad warstwy filtracyjnej należy spuszczać „wstrząsami” poprzez rury dziurkowane do kanalizacji (kolejne podawanie wody dla wzmocnienia osadu i spuszczenie osadu do kanalizacji). Takie spuszczenie osadu przeprowadza się na ogół co 1,5 — 2 miesiące. Całkowite spuszczenie wody z klarownika nie jest wtedy potrzebne, należy tylko obniżyć zwierciadło wody o 1,5 — 2 m. Z każdej części klarownika spuszcza się osad oddzielnie.

Zbiorniki osadu umieszczone są wewnątrz klarowników. Zbędny osad dostaje się do nich pod działaniem siły ciężkości. Pracują one bez zarzutu. Osad ze zbiorników wypuszczać należy po rozpoczęciu się wznoszenia górnej granicy warstwy filtracyjnej. Spuszczenie osadu trwa 3 — 5 minut. Przy prawidłowej eksploatacji w okresie spuszczenia osadu traci się średnio 1,5% wody przepływającej przez

Przekrój A-B



klarownik. Całkowite oczyszczanie klarownika z osadu należy przeprowadzać raz na pół roku i obowiązkowo przed wiosennymi wezbraniemi. Należy przy tym przejrzeć i przemyć rury rozdzielcze i przestrzeń poddenną. W dnie dziurkowanym dla ułatwienia przemywania montuje się zdejmowane pokrywy, z których każda powinna obsługiwać 9—10 m² powierzchni klarownika. Klarowniki należy zabezpieczać przed dostawianiem się z wodą powietrza przez zainstalowanie odpowietrzników. Wodę z klarownika najdogodniej jest odprowadzać przy pomocy dziurkowanych rur. Nie należy dopuszczać, by w rurach tych powstawała próżnia, gdyż powoduje ona zakłócenie równomierności ruchu wody.

Rury z otworami rozmieszcza się w odległościach 1,5—3 m. Mniejsze odstępki przyjmuje się dla lżejszych osadów. Okres rozruchu klarownika bywa różny, przy braku w klarowniku starego osadu wynosi on 4 do 5 dni.

Dla skrócenia okresu rozruchu i zmniejszenia zużycia koagulantu, dla stworzenia warstwy filtracyjnej do uruchamiania komory klarownika wprowadza się osad ze zbiorników osadu pracującej komory klarownika.

Przy eksploatacji klarowników należy systematycznie kontrolować warunki hydrauliczne ich pracy, sprawdzać nie rzadziej niż raz na pół roku równomierność przepływu wody na całej powierzchni klarownika.

Co dwie godziny należy notować w dzienniku wyniki badań technologicznych. Raz na dobę należy sprawdzać w sklarowanej wodzie zawartość pozostałego glinu. Codziennie powinny być wyprowadzane średnie dane dotyczące wszystkich wskaźników. Raz na tydzień konieczne jest określanie wskaźników technologicznych wody: zdolności koagulacyjnej, opadania zawieszin, wytwarzania się osadu oraz efektu filtracji (po sklarowaniu).

Badania wysokości warstwy filtracyjnej zaleca się prowadzić codziennie. Raz na tydzień należy określać koncentrację zawieszonego osadu.

Klarownik powinien cały czas pracować przy maksymalnej dopuszczalnej prędkościach. Należy jednak sprawdzać pracę klarownika i przy mniejszych prędkościach dla pełnej oceny jego pracy.

Mgr inż. Alfred Kepiński

Recenzje

Prof. dr inż. KAZIMIERZ WÓYCICKI „Wodociągi”. Wydanie drugie, uzupełnienie opracował mgr inż. Wiktor Petrozolin, Warszawa, Budownictwo i Architektura 1954, str. 166, cena zł 28,50.

Na półkach księgarskich ukazały się „Wodociągi” K. Wóycickiego. Wydanie pierwsze Ministerstwa Odbudowy 1948 r., zupełnie wyczerpane, ze względu na okres i pośpiech w wydaniu zawierało szereg niedokładności, które zostały usunięte w wydaniu nowym.

Do podręcznika w zasadzie nie wprowadzono zasadniczych zmian w porównaniu do pracy prof. Wóycickiego. Omawiany podręcznik zawiera 12 rozdziałów, których uzupełnienie z natury rzeczy nie zostało potraktowane jednakowo.

Podręcznik opierał się o materiały rysunkowe, zaczerpnięte przede wszystkim z materiałów własnych (znaczna liczba opracowań projektowych prof. Pomianowskiego i prof. Wóycickiego) i materiałów obcych oraz ze źródeł zagranicznych. W obecnym wydaniu usunięto niektóre rysunki obce, które albo nie wnosiły niczego nowego, albo opracowane były zbyt schematycznie.

Drugie wydanie zawiera nowe rozdziały, mianowicie: cały rozdział V: „Studia związane z projektowaniem wodociągów”, w rozdziale VI: „Wykonanie ujęcia za pomocą wiercen poziomych” i „Ochrona ujęć” oraz w rozdziale VII: „Nowe konstrukcje filtrów”. Ten ostatni rozdział oparty został o najnowsze zdobycze radzieckie w konstrukcji filtrów pospiesznych.

Całość pracy w nowym wydaniu zawiera poza materiałami teoretycznymi szereg przykładów praktycznego zastosowania obliczeń. Ponadto przytoczenie w podręczniku szeregu rysunków i opisów urządzeń zagranicznych jest cenne dla osób nie mających dostępu do źródeł obcych lub nie znających w dostatecznym stopniu języków obcych.

Szata zewnętrzna opracowania jest b. skromna.

W końcu należy uznać za słuszne opracowanie rozdziału XII „Domowe połączenia wodociągowe”, natomiast wadą jest zbyt lakoniczne potraktowanie rozdziału V „Studia związane z projektowaniem wodociągów”.

Całość, pomimo szeregu drobnych uchybień, jest opracowaniem dobrze i spełni swoje zadanie do czasu ukazania się nowych podręczników z tej dziedziny.

J. L.

Mgr inż. ANDRZEJ SICIŃSKI — **Wypożyczenie sanitarno-techniczne budynków i zakładów** (wyd. „Budownictwo i Architektura” 1954).

Ostatnio na naszych półkach księgarskich pojawia się coraz więcej książek z dziedziny techniki sanitarnej i to oryginalnych, pisanych przez doświadczonych inżynierów. Dużą w tym zasługą wydawnictwa „Budownictwo i Architektura”, które po wydaniu „Domowych instalacji wodociagowych i kanalizacyjnych” — Plaskury i Weina, wypuszcza w tym samym roku książkę A. Sicińskiego — „Wypożyczenie sanitarno-techniczne budynków i zakładów”.

Książka A. Sicińskiego, zawierająca 202 strony, stanowi wyczerpujące i starannie zebrane wiadomości dotyczące wyposażenia, montażu i doboru urządzeń instalacji kanalizacyjnej, wodociągowej, przeciwpożarowej, gazowej i wody ciepłej. Wiadomości poparte są podaniem obecnie używanych wzorów do obliczeń, całego szeregu tablic pomocniczych, wykazem danych technicznych przyrządów oraz dużą ilością rysunków.

Książka ta przeznaczona jest zasadniczo dla szkolenia nowych kadr techników sanitarnych i jako taka została zatwierdzona w charakterze podręcznika dla technikum budowlanego przez CUSZ. Na pewno jednak zainteresuje i doświadczonych inżynierów ze względu na bogatą, systematycznie dobraną zawartość, która w każdej chwili dostarczy żądanych informacji. Język książki jest jasny, treść, stosownie do przeznaczenia, nie obciążona przydługimi rozważaniami teoretycznymi, słownictwo dostosowane do przyjętych wymagań.

Cenną pozycję w książce stanowi załączony na końcu spis wszystkich norm, tak wydanych jak i będących w opracowaniu. Pozwoli to naszej kadrze technicznej zorientować się w ilości i zakresie norm, co w chwili obecnej pozostawia wiele do życzenia.

Ogólnie można stwierdzić, że książka A. Sicińskiego spełni swe zadanie i powinna spotkać się z życzliwym przyjęciem.

J. W.

Prof. IGNACY PIOTROWSKI, mgr inż. ZYGMUNT STEFAŃCZYK — **Instalacje gospodarcze i przemysłowe wodociągowe, ciepłej wody i kanalizacyjne**. Skrypt. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa — Łódź 1954, str. 383, cena zł 16,45

Jak wskazuje tytuł, wymieniony skrypt składa się z trzech części, omawiających wewnętrzne instalacje sanitarne: 1) wodociągowe, 2) ciepłej wody i 3) kanalizacyjne. Części 1 i 3 opracował mgr inż. Stefańczyk, część 2 jest pracą prof. Piotrowskiego.

Oprócz bogatej treści, praca zawiera znaczną liczbę, bo 231 rysunków z czego w części 1—62, w 2—47 i w 3—122 rysunki. Rysunki w części 1 i 3 opracowano szczegółowo, dając całkowitą możliwość zorientowania się zarówno w konstrukcji, jak i w działaniu poszczególnych elementów składowych urządzenia. W części 2 podano jedynie rysunki schematyczne, powołując się na szczegóły podane w innych wydawnictwach. Należałoby rozważyć, czy jest to słuszne i czy nie należy ujednolicić opracowania rysunków w nowym wydaniu. Należy podkreślić, że rysunki i schematy zostały opracowane dokładnie i wyraźnie.

Jako niewątpliwą korzyść pracy należy wymienić znaczną liczbę przykładów, przytoczonych zwłaszcza w części 2; ułatwi to należyte wykorzystanie wzorów i obliczeń.

Dużym ułatwieniem dla studiujących i zainteresowanych jest umieszczenie w zakończeniu każdej części spisu literatury oraz wykazu odpowiednich norm. Zasadą autorów jest uwzględnienie w pracy najnowszych zdobyczy w dziedzinie

materiałów zastępczych i rozwiązań konstrukcyjnych w oparciu o odpowiednią literaturę, zwłaszcza radziecką.

Należałoby zastanowić się nad celowością i słuszością użycia pewnych zwrotów w części I pracy. Przytoczę niektóre z nich: str. 12 „namazanych pastą“, str. 13 „w jeden ze sposobów“, str. 16 „zatrawienie“, str. 33 „komponentów“, str. 72 „mówią potrzeby“, str. 97 „co mówi“.

Skrypt został przeznaczony do nauki dla studentów, jednakże niewątpliwie może i odda duże usługi inżynierom instalatorom projektantom i dlatego życzyć należy, by wydanie normalne mogło się ukazać w jak najkrótszym czasie.

J. L.

KEC M. J.: **Pierwsze zastosowanie sieci gazowej do rozprzawiania czystego propanu.** J. Usines Gaz t. 79 Nr 1 s (1955) Opisano sieci do rozprzawiania czystego propanu, zastosowane po raz pierwszy we Francji dla użytku publicznego. W ten sposób rozwiązano ekonomicznie problem zaopatrywania w gaz nowych odbiorców, dla których zabrakło gazu węglowego. Podano szczegóły urządzenia stacji magazynowania i rozprzawiania czystego propanu.

KUNSTMANN F. H., HARRIS J. W.: **Mikroanalityczna metoda określania zawartości boru w węglu.** Brennstoff-Chemie t. 36 Nr 1/2 s. 20—23 (1955) Opisano metodę ilościowego oznaczania boru w węglu. Bor jest wydzielany metodą destylacyjną jako boran metylenu. Uzyskano dokładność oznaczania w granicach 0,003 mg przy zawartości boru w ilościach 0,01 mg do 0,1 mg.

EWERS J.: **Tworzenie się olefin i benzenu w piecu koksowniczym.** Brennstoff-Chemie t. 36 nr 3/4 s. 33—37 (1955) Dla zwiększenia uzysku gazu i benzolu używano w procesie koksowania mieszanek węgla z olejami mineralnymi. Panujące w czasie koksowania warunki nie pozwalają na optymalną przemianę olejów na olefiny i związki aromatyczne. Ponadto, w tych warunkach nie można dowolnie kierować procesem. Lepszy efekt można uzyskać przy stosowaniu rozpryskiwania oleju przy pomocy dysz do górnej części komory. Ważną rolę odgrywa tu temperatura i czas przebywania reagentów w komorze. W zależności od temperatury i czasu reakcji otrzymuje się związki olefinowe, względnie aromatyczne. Olefiny powstają przy krótszym, a związki aromatyczne przy dłuższym czasie reagowania. Czas reakcji ustala się w zależności od ilości gazu i olejów.

SZENK P., OSTERLOH K.: **Badania nad katalityczno-termicznym rozkładem węglowodorów gazowych i ciekłych.** Gas u. Wasserfach t. 96, Nr 1 s. 1 (1955).

W specjalnie zbudowanej aparaturze prowadzono orientacyjne doświadczenia nad rozkładem węglowodorów. Odpowied-

nio dobierając warunki przebiegu procesu, wywoływano rozpad całkowity lub tylko częściowy. Przy całkowitym rozpadzie otrzymany gaz należało nawęgląć, aby mógł być użyty jako gaz miejski. Natomiast rozkład częściowy dawał gaz miejski od razu w jednej operacji.

Stwierdzono, że najlepsze rezultaty uzyskano prowadząc rozkład węglowodorów przy pomocy mieszaniny pary wodnej i powietrza na katalizatorze niklowym. Stosowanie tylko jednego medium oraz niestosowanie katalizatora dawało gaz o niższej wartości.

GEILENKEUSER H.: **Wykrywanie uszkodzeń izolacji rurociągów bez odkopywania.** Gas u. Wasserfach t. 96, Nr 1 s. 20 (1955)

Opisano nowy elektroindukcyjny aparat przenośny służący do następujących oznaczeń: ustalanie położenia rurociągu, ustalanie głębokości, na której znajduje się rurociąg, ustalanie stanu izolacji na rurociągu, wyszukiwanie uszkodzeń izolacji na rurociągu.

Aparat ten ze względu na dokładność pomiarów oraz mały ciężar, czyniący go łatwym w użyciu, znajdzie prawdopodobnie szerokie zastosowanie.

Na półkach księgarskich ukazała się książka A. M. KO-
NIUSZKOWA pt. „**Zaopatrzenie w wodę zakładów przemysłu ciężkiego**“, W. G.-H. Stalinogród 1955, stron 263, w tłumaczeniu mgr inż. Jerzego Wilczewskiego i Mariana Wilczewskiego.

Jest to pierwsza publikacja w języku polskim, omawiająca zagadnienia gospodarki wodnej w hutach żelaza, metali nieżelaznych, koksowniach, zakładach wzbogacenia rud, siłowniach cieplnych, zakładach budowy maszyn i wydziałach pomocniczych.

Książka ta stanowi vademecum hutnictwa w zakresie budownictwa wodnego, zaznajamia z systemami i układami zaopatrzenia w wodę oraz z warunkami technologicznymi jej zużycia.

Specjaliści budownictwa wodnego, wykształceni w kierunku budownictwa komunalnego, którzy zostali zatrudnieni w ciężkim przemyśle, byli dotąd skazani na studiowanie technologii hutnictwa z książek, w których wiadomości na temat zużycia wody w tej dziedzinie były nader skąpe i niedostateczne.

Książka zostanie niewątpliwie mile powitana przez techników i inżynierów, zatrudnionych przy projektowaniu, budowie i eksploatacji zakładów przemysłu ciężkiego. Stanowi ona poważną pozycję w dobie budowy nowych zakładów i racjonalnej przebudowy gospodarki wodnej w starym hutnictwie.

J. M.

W lipcu br. ukaże się pierwszy zeszyt czasopisma technicznego p.t.

„POMIARY, AUTOMATYKA, KONTROLA“.

Czasopismo to jako jeden z organów Naczelnej Organizacji Technicznej będzie miało charakter międzybranżowy i poświęcone będzie zagadnieniom metrologii technicznej, mechaniki precyzyjnej, konstrukcji drobnych, optyki, automatyki i kontroli technicznej oraz tematyce postępu technicznego, unowocześnieniu naszego przemysłu i walce o wyższą jakość produkcji.

Sposób zamawiania prenumeraty miesięcznika „**Pomiary, Automatyka, Kontrola**“ — analogiczny jak innych czasopism wydawanych przez NOT.

Prenumerata normalna	półroczna	wynosi zł	54.—
„	„	kwartalna	„ „ 27.—
„	ulgowa	półroczna	„ „ 27.—
„	„	kwartalna	„ „ 13,50.

Cena normalna jednego egzemplarza zł 9.—, cena ulgowa zł. 4,50. Termin zgłaszania prenumeraty ulgowej na II półrocze i III kwartał 55 r. upływa dnia 1.VI.55 r., prenumeraty normalnej dnia 10.VI.55 r.

PRZEGŁĄD DOKUMENTACYJNY INSTYTUTU GOSPODARKI KOMUNALNEJ

opracowany przez Działowy Ośrodek Dok. Nauk. Techn.

KSIAŻKI I WYDAWNICTWA NIEPERIODYCZNE DOTYCZĄCE PROBLEMATYKI WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI

Rocznik II

Warszawa — maj 1955

Nr 2

17 628.37:631.87 IKG-5-55
BRIDGER R.: **Wzrastające zapotrzebowanie na śmieci miejskie w Holandii.** „Growing demand for town wastes in Holland. Municipal Engineering, t. 131, Nr 3385, list. 54. s. 1243; A4, 2 str. 4 fot. Suchy klimat oraz piaszczysta i przepuszczalna gleba w Holandii zmusiły rolników do szukania sposobu zatrzymywania wilgoci; przekonano się, że takim czynnikiem w glebie jest humus. Brak nawozów organicznych spowodował spadek plonów i chorobowość roślin, wzrosło zatem zapotrzebowanie na śmieci miejskie. Specjalna Spółka zajęła się zbiórką śmieci z całego kraju. Powstał w Wijster największy Zakład Kompostowy; śmieci są tam dowożone pociągami i podlegają fermentacji (zraszanie wodą zaszczipioną bakteriami, rozkład trwa 3—6 miesięcy, zależnie od warunków klimatycznych). Przefermentowany materiał dostaje się do sit sortujących: około 20% w stosunku do śmieci surowych stanowi materiał stały, reszta to kompost, z którego korzysta wielu rolników w Holandii. Są fabryki stosujące system rozdrabniania (sortowanie, rozrywanie, rozdrabnianie śmieci), jest to system droższy, ale lepiej pozbawia kompost części stałych. Niektóre miasta stosują „kompostowanie” na miejscu z mieszaniny śmieci i osadów kanalizacyjnych.

18 628.49:63 IKG-5-55
WINOGRADOW N. W.: **Z okazji artykułu R. A. Babajanca „Gruntowne unieszkodliwianie odpadków.”** Po powodu statii R. W. Babajanca: „Poczwiernoje obiezwarzawanie otbro-sów”. Gigiena i Sanitarnia, mies., nr 7, lip. 54, s. 51; A5, 3 str. Babajanc w swej pracy wskazuje na konieczność stosowania środków, zapewniających szybką nitrifikację odpadków i ich przekształcanie w końcowe produkty melioracyjne. Proponuje się przeto zastosowanie pól asenizacyjnych, kompostowanie i użycie śmieci do podgrzewania inspektów. Przy unieszkodliwianiu śmieci można ograniczyć się do ich humifikacji, tzn. przejścia substancji organicznych z łatwo rozkładających się form do ustalonych związków (humus), procesy humifikacji przebiegają szybko zarówno w aerobowych jak i anaerobowych warunkach. Przy wprowadzaniu śmieci do gleby oba procesy aerobowy i anaerobowy zbiegają się; to samo dzieje się w komorach biotermicznych, stosach kompostowych, inspektach, ulepszonych wysypiskach (wysoka temperatura, rozkład niestabilnych substancji organicznych, intensywne tworzenie humusów). Biotermiczne procesy na ulepszonych wysypiskach odznaczają się dużą nierównomiernością (zależność od pory roku i stanu pogody). Regulowanie tych procesów j.n.p. w komorach biotermicznych, nie jest możliwe. Wysypiska nie dają możliwości utylizacji śmieci (wartościowe części użyteczne dla przemysłu; nawóz na wysypiskach nie przedstawia wartości dla gleby), nie mogą więc być zaliczone do szeregu racjonalnych sposobów unieszkodliwiania śmieci. (Babajanc żąda ich zabronienia). Kompostowanie śmieci jest celowe tylko tam, gdzie gromadzi się wiele liści, traw, chwastów i innych odpadków organicznych nieprzydatnych do skarmienia przez zwierzęta lub ptactwo. Dogodniejsze jest unieszkodliwianie śmieci w komorach biotermicznych; nie wymagają one w eksploatacji ani większych wydatków, ani większej pracy; śmieci w ciągu 20—30 dni przekształcają się w nawóz dobry do nawożenia sadow, ogrodów, kwiatników. Kompostowanie płynnych odpadków praktykuje się w warunkach budownictwa indywidualnego (specjalnie ustępy zasypywane torfem, ziemią, przegniłym nawozem lub starym kompostem — wykorzystanie na miejscu, bez wywózki). Pola asenizacyjne powinny ustąpić polom nawadnianym ściekami.

19 628.33/34:547.56 IKG-5-55
DIERICHS A.: **Stan dzisiejszy i przegląd metod oczyszczania ścieków od fenoli.** „Heutiger Stand und Ausblick in der Phenolwasserreinigung”. Wasserwirtschaft-Wasser-technik, t. 5, nr 2, luty 55, s. 52; A4, 6 str., 5 wykr., 2 tabl. Referat wygłoszony na konferencji w Liblice (CSR), w którym omówiono metody, jakie najbardziej nadają się do odfenolowania, tj. metody fizyczne i chemiczne. Metody chemiczne nie zostały uwiecznione skutkiem. Właściwe znaczenie mają me-

tody ekstrakcji i adsorpcji. Omówiono wymagania dla rozpuszczalników i adsorbentów. Wyniki z przeprowadzonych badań wskazują, że należy rozgraniczać możliwość zastosowania tych metod w zależności od stężenia fenolu. Podano nomogramy, z których można obliczyć osiągalny stopień oczyszczania, ilość koniecznych stadiów oczyszczania i wzajemny stosunek rozpuszczalnika do substancji absorbowanej. Usuwanie kwasów tłuszczowych i dwuwartościowych fenoli nie zostało jeszcze opracowane.

20 628.33:547.562:662.74 IKG-5-55
KLUNKOW W. W., ROGOWSKAJA C. J., SZNIEJERSON L. I.: **Pozbawienie fenoli ścieków zakładów koksochemicznych drogą zastosowania czystych kultur bakterii, rozkładających fenole.** „K woprosu obiezfienoliwanja stocznych wod koksochemicznych zawodow putiom primienienja czistych kultur fienolrazruszajuszczich mikrobow”. Gigien i Sanitarnia, mies., nr 7 lip. 54, s. 36; A5, 2 str. N. T. Putlina dochodzi w swojej pracy pod powyższym tytułem do wniosku, że oczyszczanie ścieków zakładów koskowniczych drogą stosowania czystych kultur bakterii, rozkładających fenole, daje wyniki zadowalające. Liczne jednak badania uczonych radzieckich udowodniły, że na dowolnym typie oczyszczania utleniającego przy zachowaniu określonych warunków może być osiągnięte skuteczne pod względem sanitarnym oczyszczenie ścieków fenolowych. Biorąc pod uwagę, że ścieki fenolowe zawierają zazwyczaj bardzo różnorodną mieszaninę substancji organicznych, dla ich oczyszczania jest raczej korzystne współdziałanie pewnych zespołów bakterii. Autorzy są zdania, że jest rzeczą nieekonomiczną stosować oczyszczanie ścieków fenolowych metodą „czystych kultur”, gdyż po zniszczeniu fenoli przy pomocy „czystej kultury” konieczne jest oczyszczanie dodatkowe otrzymanych ścieków i będzie bardziej ekonomicznie poddać ścieki fenolowe oczyszczaniu na aerotankach przy pomocy czynnego osadu. W razie budowy aerotanku wg sposobu „bakteriologicznego” — trzeba przeprowadzić czyszczenie zapasowe, w przeciwnym razie grozi spuszczenie nieoczyszczonych ścieków do odbiornika. Pełne biologiczne oczyszczanie ścieków nie da się osiągnąć przy metodzie bakteriologicznej nawet przy przebywaniu ścieków w aerotanku 150—180 godzin, przy czym ścieki wpływające z „wtórnego” osadnika mają jeszcze BZT = 26,5 mg/l, a zawartość fenoli = 53 mg/l, a więc takie ścieki wymagają uzupełniającego oczyszczenia. Znalazło to potwierdzenie na stacji doświadczalnej, która zastosowała metodę „bakteriologiczną”.

21 628.35(437) IKG-5-55
STICHA V.: **Oczyszczanie ścieków.** „Cisteni odpadnich vod”. Voda, mies. Nr 34, list. 54, s. 323; A4, 4, 5 str., 1 rys., 1 tabl. Biologiczne: 1) nisko-obciążone, 2) napowietrzane, 3) wysoko-obciążone, 4) wieżowe. Warunki pracy tych złożeń: a) oczyszczanie wstępne ścieków, b) ścisłe przestrzeganie specyficznego obciążenia, c) należyte przewietrzenie, d) równomierne rozmieszczenie ścieków na całej powierzchni, e) stała kontrola pracy. Budowa złoża (dno, ściany boczne, powierzchnia filtracyjna, urządzenia do rozdzielu ścieków, drenaż). Materiał wypełniający złożo (koks i żwir o wielkości ziaren 10—75 mm). Optymalne obciążenie 175 g BZT₅/1 m³. Wydajność złoża. Redukcja bakterii chorobotwórczych o 90—95%. Redukcja BZT₅ o 80—90%, a azotu amoniakalnego o 75—80%.

22 628.34(437) IKG-5-55
HALAMEK F.: **Oczyszczanie ścieków.** „Cisteni odpadnich vod”. Voda, mies., nr 34, grud. 54, s. 354; A4, 6 str., 2 rys., 1 tabl. Oczyszczanie ścieków chemicznymi sposobami jest szóstą z kolei częścią tego cyklu artykułów. Omówiono w niej: 1) koagulanty siarczanu glinu, siarczanu żelaza, chlorek żelaza, wodorotlenek żelaza, wodorotlenek wapnia, 2) kwas siarkowy, w którego środowisku przeprowadza się koagulację, 3) proces koagulacji, 4) ilość osadów po koagulacji, 5) koagulację wstępną, 6) przechowywanie chemikaliów i sposób ich używania, 7) dawkowanie koagulantów, 8) mie-

zanie, flotacja i osadzanie, 9) stosowanie separacji zawieszinowej, działającej jako filtr, 10) sposoby elektrolityczne.

23

628.33/35:66.013

IGK-5-55

WILSON I. S.: **Oczyszczanie ścieków z wytwórni chemikali.** „Treatment of chemical wastes”. Surveyor, 113, 315 i 339 (1954). Dla podniesienia efektu oczyszczania ścieków przeprowadzono badania na złożach zraszanych w skali laboratoryjnej, okazało się, że wyizolowane chemikalia, jak: bezwodnik kwasu ftalowego, fenol syntetyczny i fenetydyna nie działały trująco. Trującymi natomiast okazały się: siarczan sodu, kwas octowy i ścieki mieszane z produkcji gumy (wg Sewage a. Ind. Wastes, mies., nr 11, list. 54, s. 1424; A5, 0,5 str.).

24

628.34:667.1

IGK-5-55

NOSEK J.: **Ścieki po bieleniu tkanin.** „Odpadni wody z bartnarskich belidel”. Voda, mies., nr 34, grud. 54, s. 375; A4, 5 str., 4 tabl. Dla ścieków tych potrzebne są piaskowniki, zatrzymujące piasek i inne cięższe zanieczyszczenia, urządzenia zatrzymujące włókna i tym podobne pływające celulozo-pochodne; neutralizacja i ewent. dechloracja z koagulacją przy pomocy siarczanu żelaza; filtry piaskowe, zatrzymujące kłaczkę po koagulacji. W razie potrzeby stosuje się jeszcze stawy rybne, poletka do suszenia osadu. Po praniu włókien należy stosować przynajmniej zatrzymywanie włókien i innych części pływających oraz stosować osadniki.

25

628.35

IGK-5-55

IMHOFF K.: **Dwustopniowe oczyszczanie ścieków osadem czynnym.** „Das zweistufige Belebungsverfahren für Abwasser”. GWF - Gas u. Wasserfach, dwutyg., t. 96, nr 2, stycz. 55, s. 43; A4, 2 str., 1 rys., 13 poz. bibl. Osad czynny w nadmiarze był w dotychczasowej praktyce zazwyczaj odprowadzany do fermentacji. Sposób ten nie wykorzystuje zdolności oczyszczania, jakie tkwią w tym osadzie czynnym. Wprowadzenie „dwustopniowego” lub „wielostopniowego” oczyszczania usuwa tę wadę. Można proces ten dopasować do wymaganego stopnia biologicznego oczyszczania. Ilość nadmiaru osadu jest mniejsza, osad gęstszy. Zaoszczędza się przez to na eksploatacji i budowie zbiorników. Porównanie z procesem Goulda wypada na korzyść opisanego.

26

628.113:663.6:542.94:371.37

IGK-5-55

NAUMANN: **Otwarte seminarium europejskie dla inżynierów sanitarnych.** „Viertes europäisches Seminar für Gesundheitsingenieure”. GWF-Gas u. Wasserfach, dwutyg., t. 96, nr 2, stycz. 55, s. 33; A4, 7 str. Sprawozdanie ze zwołanej konferencji przez Europejskie Biuro Światowej Organizacji Sanitarnej w Jugosławii w dn. 22—30.4.54 w Opatije i Zagrzebiu. Na Seminarium omówiono dwa zagadnienia: 1) zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych, 2) chlorowania wody. I — Udział wzięli przedstawiciele 19 zachodnioeuropejskich krajów oraz Maroko, Tunis i U.S.A. Dr Ley podał sprawozdanie z 16 krajów europejskich odnośnie zanieczyszczenia wód w Holandii, Belgii Niemczech Zachodnich, Szwajcarii, Danii, Portugalii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Irlandii, Turcji, Szwecji, Finlandii, Norwegii i Islandii. Zobrazował zaopatrzenie w wodę ludności w poszczególnych krajach, korzystanie z kanalizacji centralnej oraz stopień zanieczyszczenia odbiorników. Inne referaty naświetliły ważność zagadnienia z punktu widzenia epidemiologicznego i biologicznego. Wnioski ujmują wytyczne i środki zapobiegania zanieczyszczeniu wód. II — Odnośnie zagadnienia dezynfekcji wody i w związku z wygłoszonymi referatami wysunąć można wnioski: a) w wodzie należy utrzymywać nadmiar wolnego chloru tylko taki, aby nie wpływał na smak wody, b) stosowanie ClO_2 nie jest dotychczas zadowalające, c) działanie chloru na wirusy i bakterie nie jest definitywnie wyjaśnione, d) działanie ozonu przy dezynfekcji jest bezsporne.

27

628.332,628.154

IGK-5-55

SZACHOW A.: **Eksploatacja klarowników z otworami w dnie.** „Eksploatacja osiwnitielej z dyrczatym dnem”. Żil. Kom. Choz., t. 4, nr 8, 1954, s. 18; A4, 3 str., 2 rys., 1 tabl. Ogólne wytyczne eksploatacji klarowników stosowanych coraz szerzej w Związku Radzieckim do oczyszczania wody. Doświadczenia potwierdziły niewątpliwą celowość zastępowania mało wydajnych osadników klarownikami. Jednak

nie we wszystkich przypadkach zastosowania klarowników osiągnięto wymaganą jakość oczyszczonej wody. Podane wytyczne budowy, eksploatacji i kontroli pracy klarowników, oparte na doświadczeniach, uzyskanych przy eksploatacji klarowników w szeregu wodociągów komunalnych Ukrainy, stanowią cenny materiał dla projektantów tych urządzeń oraz pracowników technicznych zakładów wodociągowych.

28

628.16:546.16

IGK-5-55

STEFFENS W.: **Znaczenie zawartości fluoru w wodzie do picia.** „Die Bedeutung des Fluorgehalts im Trinkwasser”. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, t. 5, nr 2, luty 55, s. 59; A4, 4 str., 3 tabl., 16 poz. bibl. Przegląd badań przeprowadzonych w Ameryce, Anglii i Niemczech nad zawartością fluoru w wodach wodociągowych, wodach podziemnych i wodach mineralnych. Wody z pokładów kredowych mają mniej fluoru, więcej z pokładów granitowych i gnejsów. Wody mineralne najbogatsze we fluor o zawartości NaHCO_3 i siarczki. Badania nad fluorzycą i próchnicą zębów, spowodowaną zawartością fluoru w wodzie przeprowadzono w Anglii, Niemczech i Ameryce. Podano reakcje na skutek których emalia zębów ulega zmianom pod wpływem fluoru. Zawartość fluoru na terenie Łużyc daleka jest od wartości optymalnej. Tablica zawartości fluoru w wodzie wodociągowej w Niemczech na tych terenach. Sposoby poprawiania zawartości fluoru w wodzie i metodyka oznaczania fluoru w wodzie.

29

628.33/35:661.728

IGK-5-55

MAKI I. L.: **Doświadczenia na mikrobiologicznym rozkładem celulozy pewnej oczyszczalni miejskiej.** „Experiments on the microbiology of cellulose decomposition in a municipal sewage plant v. Leevenhock A., 20,185(1954). Stwierdzono, że połowę osadu otrzymanego z surowych ścieków domowych, stanowiła celuloza. Liczba bakterii rozpuszczających celulozę, otrzymanych ze wstępnego dołu gnilnego na specjalnej pożywce, wynosiła 16.970 tysięcy na ml. Wyodrębniono z nich 2 grupy: jedną o większych drugą o mniejszych zdolnościach celulozowych. Produktem rozkładu celulozy przez te organizmy były: wodór, CO_2 , etanol i kwasy: mrowkowy, mlekowy i octowy. Przez dodanie do pożywki więcej celulozy, niż mogło przefermentować, można było wykazać — na drodze chromatograficznej — powstawanie glukozy jako produktu pośredniego. Czysta hodowla aktywnych bakterii rozkładających celulozę dała szybkość zanikania celulozy, wynoszącą 0,026% dziennie. Dodanie do aktywnej czystej hodowli wyodrębnionych z osadu bakterii nie celulozowych podwyższyło tę szybkość do 0,066% dziennie. Na szybkość rozkładu celulozy za pomocą czystej hodowli dodatek do 5.000 mg/ml octanu nie wywarł żadnego wpływu (wg Sewage a. Ind. Wastes, mies., nr 11, list. 54, s. 76; A5).

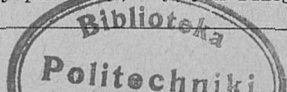
30

621.774.03:666.1:628

IGK-5-55

SAPOŹNIKOW M. M.: **Zastosowanie rur szklanych w technice sanitarnej.** „O primienienji steklanych trub w sanitarnej technice”. Gigiena i Sanitaria, mies., nr 7, lip. 54, s. 19; A5, 3 str. Przemysł szklany w ZSRR przeprowadził wielką pracę nad seryjną produkcją rur szklanych. Eksploatacja rur szklanych zamiast rur metalowych staje się nowym przedsięwzięciem, są one bowiem stosowane w różnych gałęziach przemysłu, gospodarki komunalnej i rolnej do budowy wodociągów i kanalizacji, melioracji, nawadniania i wodociągów miejskich. Zw. Instytut Naukowo-Badawczy Szklak opracował nowy skład masy szklanej, przeznaczony do produkcji grubościennych rur szklanych. Połączenie rur szklanych za pomocą spawania lub częściej za pomocą specjalnych kształtek z wypełnieniem masą plastyczną, gumą lub innymi materiałami. Zalety rur szklanych: chemiczna odporność, zastosowanie do różnych roztworów, brak osadów, niezmienna jakością materiału, unikanie obrabiania rur, że przewodnictwo elektryczne, zastosowanie do domowej kanalizacji; rury te mogą zastąpić drogie rury z metali kolorowych, nierdzewnej stali i innych odpornych na korozję materiałów. Wady rur szklanych: nie są odporne na kwasy rozpuszczające szkło i mają znaczną kruchość (wymagają bardzo starannego układania). Zapotrzebowanie na rury szklane stale wzrasta ze strony różnych gałęzi gospodarki narodowej w ZSRR; uznano więc za konieczne, aby poddać te rury starannej ocenie sanitarno-higienicznej.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu Gospodarki Komunalnej. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej, Warszawa, al. Niepodległości 188. CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i oddzielne jej działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. CIDNT wykonuje (za zwrotem kosztów) fotokopie i mikrofilmy publikacji, objętych Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.



IN THIS ISSUE

„The IVth Scientific Technical Conference“.

Z. Obuchowicz, Mgr Eng — „Polish natural gas wells“.

Z. Wilk, Prof. Eng. — „Allowed natural gas extraction from gas wells, criteria and determination means of this extraction“.

T. Reguła, Mgr Eng. — „Allowed gas extraction from pure gas wells“ (additional study).

J. Kaczorowski, Mgr Eng. and W. Kołodziej Mgr Eng. — „Natural gas underground storage and Polish experiments results in this line“.

H. Górka, Doc. Eng. — „A study coordinate with Eng. Kaczorowski's and Eng. Kołodziej's study entitled „Natural gas underground storage and Polish experiments results in this line“.

C. Poborski, Doc. Eng. — „Methan seizure in coal mines“.

Z. Grębski, Mgr Eng. — „Natural gas extraction from coal beds by surface boring“.

A. Ogrodnik, Mgr Eng. — „A study coordinate with Mgr Eng. Grębski's study entitled „Natural gas extraction from coal beds by surface boring“.

Discussion — motions.

Z. Mikucki, Mgr Eng. — „Some remarks on water supply and waste waters treatment“.

W. Skoraszewski, Eng. — „Some peculiarities of current water filtration“.

H. Stępień, Eng. — „Means of central heating equipment protection againts pressure oscillation in heating piping“.

K. Bajer, Eng. — „On a proper exploitation and control of waste purifying plants“.

Z. Rudolf, Prof. — „Sanitary engineering as an expression of care for man“.

Practical News.

From Foreign Press.

Critiques.

Technical Documentation Review of Communal Economy.

SOMMAIRE

„IV-ème Conférence Scientifique Technique“.

Mgr Ing. Z. Obuchowicz — „Sources polonaises du gaz naturel“.

Prof. Ing. Z. Wilk — „Extraction admissible du gaz naturel des sources du gaz, critères et moyens de déterminer cette extraction“.

Mgr Ing. T. Reguła — „Extraction admissible du gaz des sources du gaz“ (traité additionnel).

Mgr Ing. J. Kaczorowski et Mgr Ing. W. Kołodziej — „Magasinage souterrain du gaz naturel et les résultats des expériences polonais dans ce domaine“.

Doc. Ing. H. Górka — Un traité correspondant au traité de J. Kaczorowski et W. Kołodziej „Magasinage souterrain du gaz naturel et les résultats des expériences polonais dans ce domaine“.

Doc. Ing. C. Poborski — „Captage du méthane dans des houillères“.

Mgr Ing. Z. Grębski — „Extraction du gaz naturel des gisements de houille par le forage de surface“.

Mgr Ing. A. Ogrodnik — Un traité correspondant au traité de Z. Grębski „Extraction du gaz naturel des gisements de houille par le forage de surface“.

Discussion — motions.

Mgr Ing. Z. Mikucki — „Quelques remarques concernant l'approvisionnement en eau et l'épuration des égouts“.

Ing. W. Skoraszewski — „Quelques particularités de la filtration de l'eau courante“.

Ing. H. Stępień — „Moyens de la protection de l'installation du chauffage central contre oscillation de la pression dans des réseaux de chauffage“.

Ing. K. Bajer — „Exploitation propre et contrôle des installations d'épuration des égouts“.

Prof. Z. Rudolf — „Technique sanitaire comme expression de la sollicitude pour l'homme“.

Nouvelles pratiques.

Presse étrangère.

Critiques.

Revue de la Documentation Technique de l'Economie Communale.

Państwowe Wydawnictwa Techniczne

W związku z Uchwałą Prezydium Rządu o rozwoju spawalnictwa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne podają niżej wykaz książek z tej dziedziny. Spis ten obejmuje zestawienia zarówno książek znajdujących się w obrocie księgarskim, jak również wyczerpanych; te ostatnie znaleźć można i korzystać z nich w bibliotekach.

BŁESZYŃSKI T.: Spawanie szyn ferromitem. 1950, s. 64, zł 3.10

BŁESZYŃSKI T.: Spawanie szyn termitem. 1953, s. 44, zł 3.—

BRYŚ S.: Spawanie i lutowanie przewodów aluminiowych. Wyd. 2. 1954, s. 128, zł 9.—

BRYŚ S., PUFAL Z.: Spawanie cynku i jego stopów. 1953, s. 84, zł 5.70

BUJOK A.: Lutowanie twarde. 1953, s. 124, zł 8.20

CZYRSKI W.: Spawanie stali stopowej. 1953, s. 225, zł 26.— (opraw.)

ĆWIEK Z.: Cięcie i spawanie metali pod wodą. 1953, s. 191, zł 11.50

DOBROWOLSKI Z.: Podręcznik spawalnictwa. 1955, s. 248, zł 22.—

DOBROWOLSKI Z.: Spawalnictwo. Wyd. 2. 1953, s. 404, zł 22.— (opraw.)

GRABIĘC A., MARKIEWICZ E.: Metalizacja natryskowa. 1954, s. 196, zł 14.—

HOARE W. E.: Cynkowanie na gorąco. Tłum. z ang. K. Tarnowski. 1951, s. 152, zł 9.70

JUFFY E.: Materiały, urządzenia i sprzęt spawalniczy. 1955, s. 192, zł 8.50

KULAKOWA G. N.: Nalutowywanie płytek z węglików spiekanych na narzędzia skrawające. Tłum. z ros. R. Kolman. 1954, s. 54, zł 3.—

LEWIS W. R.: Lutowanie miękkie. Tłum. z ang. K. Tarnowski. 1951, s. 128, zł 7.30

LAPIŃSKI J.: Metalizacja natryskowa. Wyd. 2 uzupełn. 1953, s. 143, zł 13.40 (opraw.)

Mechanik. Poradnik techniczny. Praca zbiorowa pod red. A. T. Troskołańskiego. Tom 3. Cz. 1—1. Metalurgia, odlewnictwo i spawalnictwo. Wyd. 3 całkowicie przerob. 1954, s. 518, zł 46.— (opraw.)

MISTUR L.: Spawanie żeliwa. 1953, s. 132, zł 8.30

PAC W.: Próby mechaniczne w spawalnictwie. 1954, s. 168, zł 14.— (opraw.)

PILARCZYK J.: Kurs spawania elektrycznego w pytaniach i odpowiedziach. Wyd. 4. 1954, s. 91, zł 2.50

PUFAL Z.: Spawanie miedzi, mosiądzu i brązu. 1951, s. 90, zł 4.50

RZEŃCKI M.: Elektryczne spawanie i cięcie metali. Technika bezpieczeństwa i ochrony pracy. Bibl. Ochrony Pracy. 1952, s. 99, zł 4.60

SJERGIEJEW N. P., FEJGENSON M. S.: Elektryczne zgrzewanie oporowe. Tłum. z ros. S. Tomaszewski. 1955, s. 288, zł 16.—

Słownik spawalniczy polsko-rosyjsko-angielsko-francusko-niemiecki. Komisja Słownictwa Technicznego PKN. 1952, s. 111, zł 15.—

SZUPP B.: Kurs spawania acetylenowego w pytaniach i odpowiedziach. Wyd. 5 niezmiennione. 1955, s. 108, zł 4.—

SZUPP B.: Podręcznik spawania acetylenowego. Wyd. 3. uzupełn. i popraw. 1954, s. 293, zł 22.— (opraw.)

ŚLEDZIŃSKI E.: Projektowanie konstrukcji spawanych. 1952, s. 156, zł 18.— (opraw.)

ŚWIECICKI T.: Cynkowanie żelaza w ciekłym cynku. 1952, s. 128, zł 10.60

Do nabycia w księgarniach technicznych DOMU KSIĄŻKI
i u kolporterów zakładowych

Warunki prenumeraty

Prenumerata normalna

Kwartalna	18,—
Półroczna	36,—
Roczna	72,—

Prenumerata ulgowa

(1/2 ceny prenum. norm.)

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać członkowie stowarzyszeń technicznych NOT, członkowie klubów racjonalizacji i techniki oraz studenci szkół wyższych. Zgłoszenia (tylko zbiorowe) przez oddziały wojewódzkie NOT oraz koła naukowe studentów przyjmuje PPK „Ruch” Warszawa, ul. Srebrna 12 Centralna Ekspedycja, po uprzednim wpłaceniu należności na konto PKO Nr I-14000/110.

Zgłoszenia przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze wiejscy i miejscy. Termin zgłoszenia prenumeraty upływa z dniem 10 każdego miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty.

Pojedyncze zeszyty „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” można nabyć jedynie w Wydziale Zbytu Czasopism Technicznych NOT, Warszawa, Czackiego 3/5. Zakupu można dokonać osobiście względnie przesyłką pocztową po uprzednim wpłaceniu należności (za zeszyt i koszty przesyłki) na PKO Warszawa, I-21338/113 z wyszczególnieniem opłaconych zeszytów. Cena pojedynczego zeszytu zł 6, porto zł 0,45.